



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Comparación estructural entre el diseño del pavimento rígido
y flexible, para el AA.HH. Las Palmeras - Trujillo-2022.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORAS:

Paredes Bocanegra, Lilibeth Joselyn (orcid.org/0000-0003-4919-7505)

Ramos Bermudez, Indhira Ghandy (orcid.org/0000-0003-0709-9675)

ASESOR:

Msc. Horna Araujo, Luis Alberto (orcid.org/0000-0002-3674-9617)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo económico, empleo y emprendimiento.

TRUJILLO-PERÚ

2022

Dedicatoria:

En primer lugar, dedico esta tesis a mi hijo por ser la razón de mi vida el motivo de salir a delante, en segundo lugar, a mi esposo por su ayuda incondicional y por último a mis padres y hermanos por tanto amor y consejos para poder culminar esta etapa satisfactoriamente.

Indhira Ghandy Ramos Bermudez

Este trabajo en principio se lo dedico a mis padres y hermana, quienes durante este proceso de estudio confiaron en mí y fueron mi soporte emocional para no desistir y así lograr alcanzar mi más anhelado sueño. A mi hijo, quien llegó a mi vida y fue la fuente de mi esfuerzo para concluir de manera satisfactoria mi carrera, sin duda este logro va para ti pequeño.

Lilibeth Joselyn Paredes Bocanegra

Agradecimiento:

En primer lugar, agradezco a Dios por permitir llegar a esta etapa y culminar mi experiencia curricular satisfactoriamente, en segundo lugar, a toda mi familia por su condicional apoyo y por último a mi asesor y docente de la escuela profesional de ingeniería civil de la universidad César Vallejo, por brindar los recursos académicos necesarios para mi desarrollo profesional.

Indhira Ghandy Ramos Bermudez

A Dios por estar conmigo en todo momento y por darme la capacidad para poder seguir y cumplir con mis grandes proyectos. A mis padres quienes con su amor y dedicación me han orientado para ser una mejor persona, sin su confianza no hubiera podido concluir con este logro. Agradezco a mis asesores Ing. Farfán Córdova, Marlon y Ing. Horna Araujo, Luis quienes hicieron el seguimiento de mi proyecto y han colaborado para que este trabajo se concluya de manera exitosa. Por último, a mi universidad quien me abrió las puertas para dar comienzo a un gran sueño.

Lilibeth Joselyn Paredes Bocanegra

Índice de contenidos

Dedicatoria:	ii
Agradecimiento:	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	v
Resumen:	vi
Abstract:	vii
I. INTRODUCCIÓN:	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA.....	15
3.1. Tipo y diseño de investigación	15
3.2. Variable y operacionalización:.....	15
3.3. Población, muestra y muestreo.....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5. Procedimiento:	16
3.6. Método de análisis de datos:.....	17
3.7. Aspectos éticos:	17
IV. RESULTADOS	18
4.1. Estudio topográfico.....	18
4.2. Estudio de mecánica de suelos.....	19
4.3. Estudio de tráfico.	21
4.4. Características de diseño del pavimento flexible y rígido.....	22
4.5. Diferencias del pavimento rígido y el pavimento flexible.....	30
V. DISCUSIÓN:.....	31
V. CONCLUSIONES	33
VI. RECOMENDACIONES:	34
REFERENCIAS.....	35
ANEXOS	41

Índice de tablas

Tabla 1. Puntos de la estación	18
Tabla 2: ubicación de las calicatas.....	19
Tabla 3. Normas aplicadas para los ensayos de las muestras.	19
Tabla 4. Resultados de los ensayos de las muestras.	20
Tabla 5. Clasificación de materiales por excavaciones	21
Tabla 6. Estudio de tráfico.....	21
Tabla 7. Determinación del ESAL	22
Tabla 8. índice de serviciabilidad final.....	23
Tabla 9. Determinacion del ESAL	26
Tabla 10. Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Sub rasante	27

Índice de figuras

<i>Figura 1:</i> Los tipos de pavimentos flexible, rígido e hibrido.....	10
<i>Figura 2:</i> dimensiones de las alturas las capas del pavimento flexible.	25
<i>Figura 3:</i> dimensiones de las alturas de las capas del pavimento rígido.....	29
<i>Figura 4.</i> comparación del diseño del pavimento flexible y rígido	30

Resumen:

La presente tesis “Comparación estructural entre el diseño del pavimento rígido y flexible, para el AA.HH. Las Palmeras - Trujillo-2022”, tiene como objetivo general determinar las diferencias estructurales entre los diseños de un pavimento flexible y rígido en el AA.HH. Las Palmeras, dicha vía cuenta con 9 kilómetros de longitud, para el diseño de los pavimentos se utilizó la metodología AASTHO 93, teniendo como resultados en el estudio topográfico un terreno ondulado con una pendiente máxima de 12%, además en el estudio de suelos se determinó un CBR de 11% lo que nos indica que la subrasantes es de capacidad buena, también se llevó a cabo el estudio de tráfico indicando que el IMDA fue de 309 veh/día, posteriormente se realizó el diseño del pavimento flexible teniendo como resultados que la capa asfáltica es de 6 cm, la base granular de 15 cm y la sub base de 15 cm, luego se realizó el diseño del pavimento rígido teniendo como resultados que la losa de concreto es de 18 cm y la base granular de 15 cm. Concluyendo que al comparar los resultados del paquete estructural se determinó que es mejor para esta vía el diseño del pavimento flexible debido a que la vía tiene baja transitabilidad y además que este pavimento es más económico.

Palabras clave: pavimente flexible, pavimento rígido, pavimento.

Abstract:

This thesis" Structural comparison between the design of rigid and flexible pavement, for the AA.HH. Las Palmeras - Trujillo-2022", has as a general objective to determine the structural differences between the designs of a flexible and rigid pavement in the AA.HH. Las Palmeras, this road has 9 kilometers in length, for the design of the pavements the AASTHO 93 methodology was used, having as results in the topographic study an undulating terrain with a maximum slope of 12%, in addition in the soil study a CBR of 11% was determined which indicates that the subgrade is of good capacity, the traffic study was also carried out indicating that the IMDA was 309 veh/day, later the design of the flexible pavement was carried out having as results that the asphalt layer is 6 cm, the granular base of 15 cm and the sub base of 15 cm, then the design of the rigid pavement was carried out having as results that the concrete slab is 18 cm and the granular base of 15 cm. Concluding that when comparing the results of the structural package it was determined that the design of the flexible pavement is better for this road because the road has low walkability and also that this pavement is more economical.

Keywords: flexible pavement, rigid pavement, pavement.

I. INTRODUCCIÓN:

La densidad poblacional ha ido en aumento consecutivamente después de las primeras civilizaciones y la misma necesidad de estos, se tuvo que analizar la manera en cómo estar interconectados unos entre otros, además de hacer llegar los suministros indispensables para el ser humano. Este incremento desmedido ha sido motivo para buscar accesos y así lograr comunicarnos con otros territorios. Por ello y ante esta necesidad se tuvo que masificar la construcción de caminos a favor de la población, es así que surge la construcción como tal siendo sujeto a la acción continua del tráfico y a efectos meteorológicos. (Humpiri, 2015).

El transporte resulta ser de suma importancia debido a que influye directamente en la economía de regiones urbanas como también rurales por ello y para hacer posible se optó por construir vías para mayor comodidad y seguridad, estas estructuras tenían como fin garantizar un gran nivel de servicialidad, vale decir que con la ejecución se pretendía la circulación de vehículos. (Hurtado, 2016).

Una vez realizado la construcción de caminos, el hombre comenzó a estudiar el comportamiento de diferentes materiales con el fin de mejorar la infraestructura vial, así como aumentar la resistencia de dicha carretera, llegando a obtener materiales bituminosos obtenidos de la destilación del petróleo, en su mayoría usados en la actualidad, Sin embargo, debido al flujo vehicular a veces resulta que el pavimento con material bituminoso no sea siempre una buena opción por ello el presente trabajo tiene como fin la comparación entre dos tipos de pavimentos tales como rígido y flexible de manera que de ello depende estudios previos para la buena transitabilidad de los vehículos.

Siendo una de ellas la mezcla asfáltica aplicada en pavimentos flexibles y la otra a base de concreto hidráulico aplicada solo en pavimento rígido, estos dos tipos de pavimentos tienen la misma función el cual es proporcionar un buen rendimiento de soporte de tal forma este permita el paso de vehículos sin llegar a perjudicarse, vale decir que estos pavimentos resultan ser los más habituales para la creación de un pavimento urbano (Valenzuela, 2020)

Por esto se consideró la siguiente problemática ¿Cuáles son las diferencias estructurales entre el diseño del pavimento flexible y pavimento rígido, para el AA.HH. Las Palmeras?

De manera que dentro de la justificación se ha considerado Metodológicamente, puesto que el proyecto de investigación en curso pretende usar las metodologías existentes para poder resolver el problema de manera que este resulte ser de gran utilidad y a la vez aprovechable.

Así mismo, teórico, ya que el proyecto tiene como finalidad aplicar diferentes teorías donde los criterios de diseño puedan ser utilizados en adelante, de la misma manera se hará de conocimiento a fin de difundir la teoría de manera que se pueda partir de este obtener respuesta frente a nuestra problemática.

Por último, práctico, de tal forma que al realizar esta investigación esta se enfoca en la comparación estructural entre el pavimento con material bituminoso y el material a base de concreto hidráulico, para el AA.HH. Las Palmeras de manera que se pretende mejorar la transitabilidad, mejorar la salud y brindar seguridad aquellos que circular por la avenida anteriormente mencionada

Para ello nuestro Objetivo general en esta investigación fue Determinar las diferencias estructurales entre los diseños de un pavimento flexible y rígido en el AA.HH. Las Palmeras. Así mismo, como objetivos específicos hemos considerado: Determinar el estudio topográfico, determinar el estudio de mecánica de suelos, determinar el estudio de tráfico, diseñar la estructura del pavimento flexible y rígido mediante la norma AASTHO 93 y por último Identificar las diferencias del pavimento rígido y el pavimento flexible. Por último, como hipótesis se ha considerado que frente a la comparación estructural de los pavimentos una vez determinado éste aportará en la mejoría de la transitabilidad vial así mismo contribuirá al desarrollo de la población brindando una mejor calidad de vida.

II. MARCO TEÓRICO

Para esta investigación, se tuvo en cuenta trabajos previos de otros autores del ámbito Nacional:

Tal como el proyecto de investigación referente al diseño de la parte estructural entre un pavimento rígido y un pavimento flexible, Bazán & Vargas (2020) Dentro de su estudio consideró como objetivo realizar el diseño de los dos tipos de pavimentos aplicando la metodología tradicional ASSHTO 93 a fin de mejorar la transitabilidad de la zona de estudio, de manera que dentro de su metodología consideró de acuerdo al tipo de investigación, aplicada y según el nivel, descriptiva; también se visualiza que, para la población y muestra determinaron el lugar del centro poblado Alto Trujillo, con un área de circulación de 17,294.64 m²; como resultados se visualizó que de acuerdo al estudio de suelos se obtuvo tres porcentajes de CBR siendo 21.8; 22.0 y 23.7 respectivamente y para su diseño estructural se obtuvo que los grosores de cada capa en lo que se refiere pavimento flexible será 7.50cm; 20cm y 10cm consecutivamente a diferencia del rígido que fue 20.0cm y 15 cm respectivamente; así mismo se logró concluir de acuerdo a la metodología para tipo de pavimento en cuanto se refiere a flexible el espesor de la carpeta asfáltica 7.5 cm, 20 cm de base y por último 10cm para la sub base, siendo un costo total de inversión por la suma de s/. 2, 584,807.35; en cuánto a pavimento rígido se requiere de un espesor de 20 cm para la losa de concreto y por último 15cm para su base, esto por un costo de s/. 3, 259, 059.76.

La investigación de Vega (2018) plantea como objetivo principal la realización del diseño estructural para un tramo ubicado en el departamento de Loreto aplicado en dos tipos de pavimentos tradicionales que son flexible y rígido, así mismo se consideraron tres metodologías las cuales fueron ASSHTO 93, IA (Instituto del Asfalto) y PCA(Portland Cement Association), además como metodología se consideró aplicada en lo que se refiere a tipo de investigación y descriptiva de acuerdo al nivel de investigación donde consideró como población y muestra el distrito de Yurimaguas, como resultados se logró visualizar que el costo del pavimento flexible es de S/. 1, 355,399 donde un 12.60% representa el costo para el mantenimiento; para el pavimento rígido el costo es de S/. 1,288, 363 donde un 2.13% representa el costo para el mantenimiento de este, obteniendo como

conclusión que para un pavimento flexible el espesor mínimo para la carpeta asfáltica será de cuatro pulgadas en tanto para pavimento rígido será 15 cm el espesor de su base y para el espesor de la losa de concreto tendrá que ser 24 cm. En Piura. Ocaña (2018) realizó una investigación referente a la diferencia del diseño estructural frente a dos tipos de pavimentos que son rígido y flexible, donde consideró como objetivo específico el desarrollo de una propuesta técnica mediante el diseño estructural haciendo uso de la guía ASSHTO para el diseño de estos, además de acuerdo a la metodología de su investigación según su tipo consideró descriptiva donde tomó como población y muestra la Av. Las Amapolas, de modo que luego del desarrollo se obtuvo resultados tales como los valores del CBR que fueron de 7.2; 25.9; 20.7; 11.7 y 5.5 respectivamente y de acuerdo al conteo vehicular se precisa que el 90% de vehículos que transitan por la zona son autos, lo cual se tuvo como conclusión las dimensiones a tomar para el pavimento los cuales serán: carpeta asfáltica 0.075m, base granular 0.20m y subbase granular 0.20m esto datos se refiere al diseño de pavimento flexible, en cuanto al diseño del pavimento regido se tiene que la losa de concreto es de 0.20m, subbase de 0.20m. En la Ciudad de Chiclayo. Rojas (2021) presentó su investigación donde consistió realizar una diferencia entre el pavimento flexible y rígido a fin de evaluar cada uno de ellos así mismo optar por el más adecuado siendo este su objetivo, se realizó la evaluación como tal, de manera que de acuerdo a la metodología de la investigación como tipo consideró aplicada, siendo su unidad de muestra las Calles de acceso al Mercado Mayorista José Olaya, así mismo como resultados se obtuvo que el ESAL fue de 1928078 vehículos, dentro del estudio de suelos se visualizó porcentajes como 11; 9.7; 7.9; 16.8; 9.2; 18.5 y 16.2 obteniendo como resultados que al aplicar la metodología ASSHTO 93, en lo que se refiere diseño, metrados y costo resulta ser el pavimento flexible el más conveniente a diferencia del pavimento rígido, de manera que al ser ejecutada, el diseño y presupuesto será del pavimento a base de carpeta asfáltica es así como logró concluir que en pavimento flexible se tomarán espesores tales como 3 pulg. Carpeta asfáltica, 6 pulg. Base y por último 10 pulg. Sub base; a diferencia del pavimento rígido donde se tomarán espesores tales como 22cm para la Losa de concreto y 15cm para la subBase En Trujillo. Bravo (2021) Dentro de su investigación referente a pavimentos consideró como objetivo específico elaborar el diseño estructural a fin de mejorar

la transitabilidad para el Distrito La Esperanza, empleando la metodología tradicional denominada ASSHTO 93, de manera que se realizó el diseño tanto de un pavimento rígido como flexible, donde de acuerdo a la metodología de la investigación se precisó que fue de tipo, aplicada y de acuerdo al nivel se consideró descriptiva, así mismo dentro de la población y muestra se consideró AA.HH Víctor Raúl- Av. El Sol de manera que se obtuvo resultados tales como el conteo de vehículos donde resultó ser de 525 veh/día, en el estudio de suelo se aprecia tres porcentajes 17.83, 16.88 y 17.82 consecutivamente, es así como concluyeron que los espesores de cada capa fueron: carpeta asfáltica, 6.0cm; base, 20.0cm y para la sub-base 20.0cm; y para pavimento rígido se consideró de acuerdo a cálculos espesores como: losa de concreto, 21.0cm para una resistencia a la compresión de $f'c=280\text{kg/cm}^2$; sub-base, 15.0cm, obteniendo como conclusión que el pavimento flexible resulta ser más económico para su ejecución sin embargo el incremento resulta ser mayor en cuanto se refiere a mantenimiento a diferencia del rígido donde aportaría durabilidad y resistencia.

En la ciudad de Lima. Sánchez (2019) Realizó una investigación relacionada al diseño de un pavimento, de manera que como objetivo general consideró realizar el diseño de los pavimentos dentro de su lugar de estudio empleando el método ASSHTO 93, a fin de proponer la conformación de cada capa de la estructura, de manera que para la metodología de su investigación consideró de acuerdo a su tipo, aplicada, además dentro de su población y muestra se visualizó que consideró las carreteras de los departamentos de Ayacucho y Abancay, específicamente en el Km 0+00- Km 50+00, es así como luego del desarrollo se pudo apreciar que dentro de sus resultados consideró los siguientes aspectos tales como el afirmado existente donde el espesor promedio es de 20 cm, dentro de la subrasante se muestra porcentajes de materiales tales como grava arenosa, 38%; arena gravosa, 19%, limo arenoso, 14%; Arcillas, 10% y Rocas, 19% es así mismo se concluyó que el pavimento flexible es aplicable para el tramo considerando espesores de 20cm, 15cm y 21cm, de acuerdo a la formación de la estructura.

En la ciudad de Trujillo. Asmat & Vera (2021) En su proyecto de investigación descriptiva consideró como objetivo la elaboración de un diseño estructural de acuerdo a la metodología AASHTO 93, teniendo como metodología en su investigación de tipo aplicada y de acuerdo al nivel es descriptiva, así mismo se

visualiza que dentro de la población y muestra consideraron al centro Poblado El Milagro, específicamente en la calle 45, de manera que luego del desarrollo de su proyecto obtuvo resultados como el CBR siendo 21.5%, así mismo para el estudio de tráfico consideraron 1'913,196 para el pavimento flexible y 2'357,216 para el pavimento rígido, donde una vez realizado los cálculos correspondientes se logró concluir que el pavimento rígido resulta ser una buena opción puesto que aporta en la durabilidad del pavimento de tal forma que evitará problemas a causa de una nueva activación de la quebrada el león, siendo los espesores para el pavimento rígido 20cm para la losa de concreto y 15cm para la sub base respectivamente.

Así mismo. Briceño & Tello (2019) Dentro de su investigación referente al diseño de pavimentos consideró plantear como objetivo la comparación entre los dos tipos de pavimentos mayormente aplicados en nuestra ciudad dando uso de la guía AASHTO 93, es así como dentro de su metodología de investigación consideraron de tipo y nivel descriptivo, teniendo como población y muestra al Pueblo Joven Tres de Octubre específicamente en la Av. Miguel Grau, de manera que como resultados se obtuvo que el CBR de según su estudio de suelos fue de 10.40 y 13.96 respectivamente donde una vez realizados los cálculos correspondientes se tomó como conclusión los espesores para cada tipo de pavimento, siendo para el rígido una losa de concreto con una altura de 15cm muy diferente a la base (con afirmado) que es 10cm; a su vez para el pavimento flexible se ha considerado espesores en cuanto se refiere carpeta asfáltica 8cm de espesor, 15cm de Base granular y por último 10cm para la sub base.

En la ciudad de Juliaca. Herencia (2020) En su investigación donde desarrolló el tema relacionado al diseño estructural de cada pavimento aplicando el método mayormente usado AASHTO 93, propuso objetivos entre ellos y el principal respecto a determinar y analizar resultados de acuerdo al diseño estructural entre pavimentos rígidos y flexibles, donde de acuerdo a la metodología de la investigación consideró de tipo y nivel, descriptivo-experimental tomando como población y muestra AV. ERNESTO M. BORDA A. del distrito de Juliaca, es así como luego de los ensayos correspondientes se precisa en los resultados que de acuerdo al IMDA este resulta ser de 2043 veh/día, en cuanto al estudio de suelos se precisa que se obtuvo 4 muestras donde los CBR fueron 11.30; 14.20; 10.50 y 11.00 respectivamente, de manera que luego del desarrollo del proyecto se

concluye con los espesores de la estructura tales como 7cm para lo que es carpeta asfáltica, 10cm para la base y 20cm de sub base eso en cuanto a un pavimento flexible, del mismo modo para el pavimento rígido se logró considerar grosores como 15cm en la sub base y 15.80 para lo que es la losa de concreto.

En la ciudad de Lima, Vásquez (2019) presentó su investigación donde tuvo como propósito la conformación de la estructura de un pavimento a construir en la carretera que tomó como lugar de estudio, siendo uno de sus objetivos diseñar los pavimentos empleando el método tradicional, AASHTO 93 a fin de mejorar la vía, este proyecto de acuerdo a su metodología de investigación resultó ser de tipo aplicada y de acuerdo al nivel, descriptivo, considerando como población y muestra la ciudad de Chota precisamente en la Av. Perú, luego de los ensayos propios para el proyecto se obtuvo resultados como el CBR, porcentajes que fueron de 3.15%, 3.45%, 2.50%, 4.0%, 3.80% y 4.0%, de manera que obtuvo como conclusión que el pavimento flexible resulta ser aplicable para su lugar de estudio ya que cuenta con un periodo de vida útil y la estabilización del suelo es óptima y se adapta bien al pavimento a aplicar.

En el departamento de Ancash, Jiménez & Valverde (2019), autores del proyecto de investigación que tuvo como línea de investigación infraestructura vial frente a la problemática que tenía la presente tesis optaron por tomar como objetivo, realizar un diseño con dos tipos de pavimentos como son rígido y flexible a fin de comparar y favorecer el desarrollo social y económico, donde consideraron que de acuerdo a la metodología de investigación este será de tipo aplicada; descriptiva, y de acuerdo a su población consideraron la carretera Pariahuanca- San Miguel de Aco; dentro de los resultados se visualizó que de acuerdo al estudio de suelos se obtuvo CBR de 10.4% y 14.4% y de acuerdo al estudio de tráfico se determinó que el ESAL es de 416093 de manera que luego del desarrollo como tal se concluyó que de acuerdo a la metodología AASHTO 93, para el pavimento flexible se debe considerar espesores para carpeta de rodadura, 2 pulg., 6 pulg. Lo que es la base y por último en lo que se refiere sub base será de 6 pulg; para el pavimento rígido se consideró grosores de 7 pulg. Para la losa de concreto y finalmente 6 pulg. la base.

Ruiz & Rodríguez (2016) En la investigación realizada teniendo como objetivo la comparación estructural para las alternativas de construcción en el pavimento flexible y rígido, obteniendo como conclusión que a partir de la metodología

AASHTO 93 se logró determinar que el pavimento flexible requiere un incremento del espesor para las capas subyacentes a la superficie de rodadura, aun así el costo para la construcción de este son menores a los que se aplica en un pavimento rígido aun cuando el espeso de la estructura sea mucho menor.

Así mismo se tienen en cuenta artículos científicos y tesis, en el ámbito internacional:

En el País de Ecuador, Villavicencio & Castillo (2016), realizó una investigación referente a los pavimentos donde propuso como objetivo el diseño del tipo de pavimento más conveniente influenciando en la parte económica así mismo la resistencia que brinde en cualquiera de los dos tipos de pavimentos aplicables en su zona de estudio, de manera que al comparar los resultados se obtuvo que el pavimento rígido presentó mayor durabilidad y mayor resistencia a los esfuerzos de manera que no influye en el deterioro del pavimento a diferencia del pavimento flexible.

En el País Chileno, Burgos (2014), presentó su proyecto de investigación donde propuso como objetivo específico la comparación entre los pavimentos como son flexible y rígido basándose en su diseño propio de cada uno de acuerdo a su lugar de estudio además de favorecer económicamente a la población de acuerdo a costos para la intervención de cada uno de ellos, de manera que al realizar el desarrollo de la investigación obtuvo como conclusión que para el diseño se contará con un espesor de 200mm en lo que se refiere la losa de concreto a diferencia de la carpeta de rodadura donde consideraron 13 mm, de modo que en cuestión de costos el pavimento flexible resulta tener mayor valor.

En Costa Rica. Coto (2016) Dentro de su investigación propuso como objetivo realizar la comparación entre los dos tipos de pavimentos mayormente usados en nuestro País desde la perspectiva de vista funcional de acuerdo a su diseño estructural, de modo que de acuerdo a la metodología AASHTO 1993 se obtuvo como conclusión que para el pavimento rígido se obtuvo como espesor de capa una medida de 26.5cm para lo que vendría ser la losa de concreto, siendo así el más conveniente a construir ya que aporta en el tránsito pesado.

En Estados Unidos (USA), Batouti, Bienvenu & Mostafavi (2017), En su investigación a fin de determinar los impactos de acuerdo al diseño de carreteras consideró la implementación del costo de la duración para la toma de decisiones

frente a su zona de estudio siendo un autopista donde se concluyó que el pavimento flexible cuenta con un descuento de acuerdo a una tasa del 4% siendo este inferior, lo cual el pavimento rígido implica menor costo del ciclo de vida, ya que para valores de tasa de descuento superiores a 4.5%

En Costa Rica. Hurtado (2016) Dentro de su investigación propuso como objetivo realizar la comparación entre los dos tipos de pavimentos mayormente usados en nuestro País desde la perspectiva de vista funcional influyendo en la economía y la resistencia de manera que mediante el diseño estructural este logre ser óptimo para dicho camino de red definiendo así como conclusión que al tomar tres escenarios para el desarrollo de la investigación esta última resultó rentable para la aplicación del camino puesto que cuenta con un TIR de 14.1.

A continuación, mencionamos algunas Bases teorías relacionadas a la investigación:

Se denomina Pavimento a la estructura que está compuesta por una carpeta de rodadura y un conjunto de capas superpuestas granulares quienes toman la función de brindar soporte a la capa que está sobre este así mismo brinde descanso al suelo de cimentación denominado también subrasante, de tal forma que seguido de una correcta compactación, y demás consideraciones a tener en cuenta este logre brindar resistencia a la estructura logrando adecuar esfuerzos producto de las cargas propias del tránsito acumulado siendo así óptimo para su periodo de vida útil (Tacza y Rodríguez, 2015)

Los pavimentos dentro de carreteras o vías urbanas resultan ser estructuras viales multicapa, que al estar constituidos por un conjunto de capas cumplen la función de soportar las cargas que están impuestas por el flujo vehicular y con ello las condiciones ambientales (función estructural). Así mismo estas se deben diseñar a fin de brindar seguridad, comodidad y dar confortabilidad al parque automotor impuesto sobre la superficie dentro de un determinado tiempo (objetivo funcional). Las cargas dinámicas impuesto por los vehículos que circulan a diario sobre las estructuras hacen que se produzca interfaces en las capas, a su vez deformaciones verticales, horizontales y de corte. El pavimento cumple la función de soportar la subrasante natural siendo esta mejorada o estabilizada con ayuda de un terraplén denominada capa de conformación. (Azaña, 2018).

Tipos de pavimentos según:

Burgos (2014), dice que necesariamente la estructura de un pavimento se compone por las capas expuestas en la imagen. Ello depende de una serie de factores que influyen en el diseño, la ausencia o reemplazo de una o varias de esas capas dependen de diversos factores, como por ejemplo del soporte de la subrasante, de la clase de material a usarse, de la intensidad de tránsito, entre otros. Por esta razón, pueden identificarse 3 tipos de pavimentos, que se diferencian principalmente por el paquete estructural que presentan: Pavimento flexible, Pavimento rígido, Pavimento híbrido.

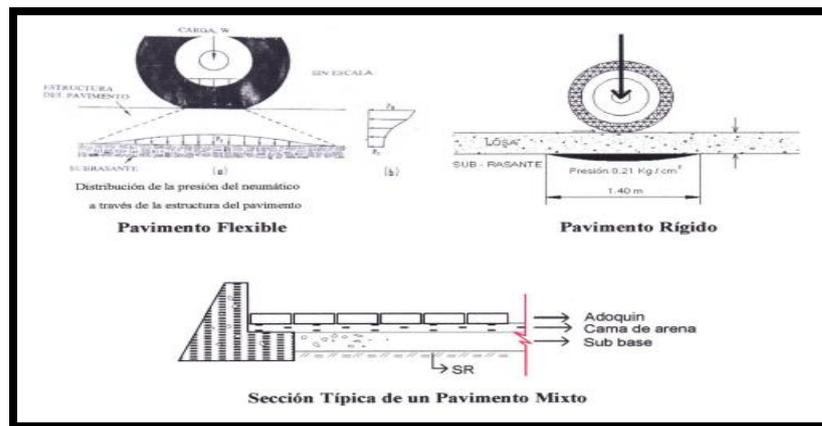


Figura 1: Los tipos de pavimentos flexible, rígido e híbrido.

El pavimento flexible se diferencia de las otras ya que tiene puesta una carpeta de rodamiento a base de concreto de cemento asfáltico, está se apoya sobre dos capas no rígidas como es la base y sub base. (Chambi & Isidro, 2017)

A esta carpeta de rodamiento también se le llama capa bituminosa, quien está apoyado generalmente sobre dos capas no rígidas, este en tanto resulta más económico.

Para las redes viales ya sean principales como secundarias en nuestro País generalmente se recomienda la aplicación de un pavimento flexible por ende se recomienda diseñar y construir adecuadamente aplicando técnicas modernas a fin de mejorar su performance.

Un pavimento rígido cuenta con una carpeta de rodadura formada por la losa de concreto hidráulico es por ello que obtiene el nombre de pavimento rígido ya que cumple con las propiedades de la carpeta de concreto, de tal forma que aporta en

un grado mayor las cargas de los vehículos, este requiere de un mayor costo y un mantenimiento mínimo. Además, debido a su rigidez de la carpeta de rodadura las cargas se distribuyen uniformemente de tal forma que se requiere una estructura con un menor número de capas granulares entre la carpeta de rodadura y la sub rasante. Este pavimento es diferente al pavimento flexible ya que no se requiere de una base granular para la resistencia de las cargas, lo que si se considera es la sub-base ya que brinda homogeneidad, puesto que la losa a base de concreto es la que resistirá las cargas efectuadas por el tránsito acumulado, es por ello que el diseño aporta para establecer los esfuerzos internos producidos por la losa a efectos de las cargas como también de las condiciones climáticas (Paucar, 2016). Los pavimentos articulados tienen como elemento la carpeta de rodadura, elaborado con bloques de concretos pre-fabricados, llamados también adoquines que tienen forma rectangular con esperes uniformes o iguales entre si dependiendo el caso. Esta carpeta superficial en algunos casos puede ser colocada por encima de una capa de arena ligeramente delgada la cual cumple la función de brindar apoyo sobre la base granular como también directamente sobre la subrasante; el número de capas es definido dependiendo la función de la calidad como tal y la frecuencia de las cargas interpuestas en el pavimento. (Tacza y Rodríguez, 2016)

Elementos de un pavimento según:

Miranda (2012), dice:

Base: Este elemento se construye sobre la subbase debajo de la carpeta de un pavimento flexible. Los materiales para su ejecución deben ser de una buena calidad a diferencia de los otros elementos ya que cumple la función de ser resistente frente a las presiones ejercidas por los vehículos; por ello se requiere un espesor lo cual sea suficiente para la transmisión de cargas pesadas así mismo para el tránsito de regular circulación. (Azaña, 2018)

Sub-base: Cumple la función de brindar resistencia en conjunto del pavimento, de manera que se garantice que la calzada logre un adecuado comportamiento frente a la deformabilidad; además otra de sus funciones es la de buscar la capacidad de drenaje de tal forma que se evite la ascensión capilar. (Tacza y Rodríguez, 2018)

Sub rasante: Es una capa situada en el asiento directo de la estructura de un pavimento a fin de brindar soporte de tal forma que no influya en el diseño de carga proveniente al flujo vehicular. La mayoría de veces esta capa está conformada en

corte o también relleno, de manera que al ser compactada se tendrá las secciones transversales y pendientes especificados en los planos de diseño

El espesor de pavimento influye en la calidad de la sub-rasante, debiendo cumplir parámetros para su resistencia, contracción por efectos de humedad, siendo así para el diseño el ajuste de las cargas dependiendo la capacidad de la sub-rasante (Vasquez y Bendezú, 2008)

Carpeta de Rodadura: Se aplica en la parte superior por encima de la base del pavimento para pavimentos flexibles y/o rígidos, cuyo cargo es resguardar y preservar directamente el tránsito vehicular (Vega, 2018)

Esta carpeta de rodadura también desempeña el Servicio de resistencia, debido a que este ayuda a elevar la necesaria suficiencia de apoyo del asfalto con la asimilación de las cargas de los vehículos que circulan, así el grosor o espesor sea numeroso.

El método AASHTO según:

AASHTO (1993). Nos dice que es un método empírico el cual se determina con resultados obtenidos en pistas de prueba; es importante considerar las normativas son extraídas de acuerdo al Ministerio de Trnasportes y Comunicaciones. Este método busca determinar los espesores del pavimento dependiendo el diseño en que ha sido elaborado, considerando dos factores básicos para su desarrollo lo cual son:

Las cargas del tráfico: Son aquellas que cargas transmitidas por el flujo vehicular desde una vial cualquiera.

El tipo de sub rasante: Ello depende de la superficie una vez terminada la realización del movimiento de tierra que implica el corte y relleno del terreno, sobre ella se coloca la estructura del pavimento y/o afirmado.

El diseño de estructuras para un pavimento flexible, es aplicada por una formula el cual logra determinar un factor de referencia "SN", denominado número estructural, además este valor señala el grosor absoluto del pavimento solicitado, el cual aporta en el tránsito dando confiabilidad en aquellos que circulan por la calzada. Existe un indicador lo cual aporta en su evaluación y delimitación es asi como se incorpora un factor de confianza, teniendo conocimiento de los indicadores como son tránsito, desviación estándar, confiabilidad y el índice de servicialidad, se determina asi

el SN siendo este un valor elemental que precisa los espesores que conforman las diferentes capas que trabajan en conjunto dentro del pavimento. (García, 2015)

Un diseño de pavimento rígido pretende brindar servicialidad en el diseño de pavimentos este método incorpora la revisión del diseño sobre las capas y las sub-bases delgada, erosión de la subbase y confinamiento lateral, además, de los cambios realizados a la ecuación general de diseño de la guía a la cual se le agregaron algunos factores tales como: el error estándar combinado, la diferencia de serviciabilidad y el coeficiente de drenaje. (Pinto y Rojas, 2021).

El tráfico vial según:

Monsalve, Paredes, (2019). Este factor es necesario para determinar las dimensiones de cada capa en el pavimento, las cargas impuestas por el flujo vehicular previstos dentro de la vía de diseño pretendido, aportará para la estructura como tal para un largo periodo. Se tiene presente los requerimientos tales como el tránsito como el cálculo de las velocidades etc.

Para la realización de un análisis referente al tráfico este pretende cumplir como propósito, determinar la cantidad de vehículos y su clasificación de acuerdo a la clase de vehículos. El aforo para las móviles que a diario circulan por la calzada, se realiza de acuerdo al número de vehículos y a la demanda del transporte, vigente dentro del sistema, lo cual constituye componentes para establecer características propias para el diseño de carreteras (Consortio Global Vildar Ingenieros & F. Palacios L, 2015).

El estudio de suelos. Se tiene que realizar cada que un proyecto está por llevarse a cabo de tal forma que se pueda apreciar el tipo de terreno donde se tendrá que ejecutar la obra así mismo las propiedades del terreno, necesarios para una correcta cimentación. (Rodríguez y otros, 1984). Este estudio resulta ser de suma importancia para proyectos que implican rehabilitación en lo que se refiere carreteras siendo fundamental el cálculo para que luego de ser evaluadas estas puedan cumplir cualidades físicas del suelo para la zona a intervenir.

De acuerdo al Manual de carreteras en la sección Suelos y pavimentos establece la profundidad número de calcatas, esto en función al tipo de carreteras. Ver anexo 1.

Las calicatas serán realizadas de acuerdo al manual de carretas a fin de sustraer muestras para que estas sean derivadas al laboratorio y luego de la realización de ensayos se logre precisar en diseño en que se encuentra el pavimento los cuales son análisis del CBR, así como el módulo de Resiliencia. Vale decir que el número de ensayos dependerá del tipo de carretera (Manual de carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos). Ver anexo 2.

De acuerdo al Manual de Carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos, la subrasante depende del porcentaje del ensayo de CBR. Ver anexo 3.

Los Pavimentos Urbanos (Según norma CE-010 de Pavimentos urbanos)

Dentro de su método de diseño este será aplicado a partir de teorías propias dentro del manual, de manera que serán dos puesto que estas son aplicables y vigentes en Perú, siendo la metodología AAASHTO-93 y PCA.

De acuerdo al diseño estructural se considerará los siguientes factores: La vida útil del pavimento, Condiciones climatológicas y de drenaje, Tipos de pavimentos a emplear, Características de la vía, Volumen de tránsito de acuerdo al periodo de diseño y Calidad del suelo de fundación y subrasante

En cuanto a las especificaciones técnicas constructivas, esto se considerará de acuerdo al tipo de pavimento encontrado, no sin antes considerar ciertas recomendaciones para su aplicación. Ver anexo 4.

III. METODOLOGÍA

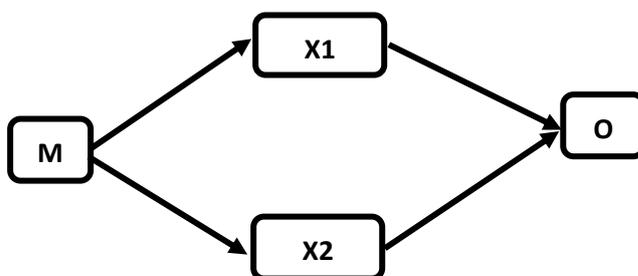
3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación:

Mediante el desarrollo del esquema del proyecto, este será de tipo aplicada porque utiliza conocimientos adquiridos y los pone en práctica en el estudio y en general en la sociedad. también está orientada a resolver problemas y buscar soluciones. (Esteban, 2018).

3.1.2. Diseño de investigación:

La investigación fue no experimental debido a que no se manipula la variable, siendo a su vez transversal descriptivo-comparativo porque describe el diseño del pavimento y a su vez compara los resultados para la obtención del diseño más adecuado en un tiempo determinado. (Álvarez, 2020)



M: Muestra (9 kilómetros)

X1: diseño estructural de pavimento flexible.

X2: diseño estructural de pavimento rígido.

O: comparación de resultados.

3.2. Variable y operacionalización:

En esta investigación las variables son cuantitativas debido a que los resultados son analizados mediante un proceso, los cuales están de acuerdo a los objetivos que fueron planteados en este estudio, nuestras variables son:

Variable X1: diseño estructural de pavimento flexible.

Variable X2: diseño estructural de pavimento rígido.

3.3. Población, muestra y muestreo.

Población: En este estudio la población fue los 9 kilómetros de los AA.HH. Las palmeras, la cual está ubicada en el distrito de la Esperanza de la provincia de Trujillo departamento la libertad.

Muestra: La muestra de esta investigación fue toda la población debido a que los 9 kilómetros fueron diseñados y luego comparados.

Muestreo: Se llevó a cabo las exploraciones correspondientes de acuerdo al manual de MTC, el que nos indicó el número de calicatas que se realizaron.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnica: se aplicó la observación no experimental; como lo fue el estudio de tráfico donde se tuvo que realizar el conteo de los vehículos por día así mismo se contó con un expediente técnico donde se tomó datos en cuando a la topografía, la observación experimental porque se realizó el estudio de mecánica de suelos en el laboratorio.

Instrumento de recolección de datos: Los instrumentos que se utilizaron fueron la norma CE-0.10 de pavimentos Urbanos y el reglamento del MTC, así mismo se contó con un expediente técnico de donde se tomaron los datos en cuando a la topografía.

Validez: Los instrumentos de esta investigación tienen la validez requerida debido que son formatos estándar propuestos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Confiabilidad: Se realizó los estudios de acuerdo a las normas y reglamentos que son permitidos en nuestro país además de los ensayos en el laboratorio con instrumento calibrados para poder garantizar la confiabilidad de los resultados.

3.5. Procedimiento:

Esta investigación se desarrolló en 5 fases:

Primera fase: se realizó el estudio topográfico para conocer el nivel en el que se encuentra el terreno.

Segunda fase: se realizó el estudio de suelos para ellos se realizó las calicatas para obtener las muestras que fueron llevadas al laboratorio.

Tercera fase: se llevó a cabo el estudio de tráfico el cual consta de contenido de vehículos diarios por una semana.

Cuarta fase: se realizó el diseño del pavimento flexible y el pavimento rígido.

Quinta fase: Análisis y comparación las diferencias del diseño del pavimento flexible y el pavimento rígido.

3.6. Método de análisis de datos:

Se realizó el diseño del pavimento flexible y rígido, utilizando el manual de carreteras el cual fue elaborado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones en 2013 y a su vez la norma técnica de suelos urbanos, teniendo también en cuentas las normas internacionales como American Society for Testing and Materials (ASTM) y American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). Así mismo, se logró dar uso de tablas, figuras y gráficos utilizando el Microsoft Excel para el procesamiento de resultados.

3.7. Aspectos éticos:

Este proyecto fue elaborado de manera responsable y sobre todo de manera honesta respetando los antecedentes y los parámetros estipulados por la universidad.

IV. RESULTADOS

4.1. Estudio topográfico.

Se realizó el estudio topográfico obteniendo que el terreno es ondulado con una pendiente máxima de 12% con una altura de 77 m.s.n.m. obteniendo el plano de ubicación y el plano topográfico de lugar donde se realizara el diseño del pavimento. Ver anexo 5 y anexo 6.

El estudio se llevó a cabo en el distrito de La Esperanza - AA.HH. Las Palmeras que tiene 9km de longitud, las áreas de intervención para los diseños fueron; calle 32, prolongación libertad, calle 13, AV. 1 del AAHH. Las Palmeras, el área total del pavimento será 21,584.62 m². El levantamiento topográfico se llevó a cabo utilizando una estación total, un nivel, una mira, etc. Los datos obtenidos se muestran en la tabla N1, estas coordenadas fueron llevados al software AutoCAD 2019 para ser presentadas en el plano correspondiente.

Tabla 1. *Puntos de la estación*

Puntos	coordenadas	
	este	Norte
BM1	714935.598	9109591.5
BM2	715050.770	9109542.6
BM3	715100.47	9109604.9
BM4	714991.397	9109669.55
BM5	715075.28	9109739.1
BM6	715137.820	9109658.7
BM7	715245.135	9109640.6
BM8	715208.54	9109523.7
BM9	715153.24	9109455.8
BM10	715259.870	9110072.1
BM11	715119.98	9109441.7
BM12	715300.89	9110043.80
BM13	715165.05	9110123.1
BM14	715234.957	9110022.40
BM15	715177.04	9109928.70
BM16	715120.49	9109830
BM17	715187.13	9110048.7
BM18	715253.52	9109951.7

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Estudio de mecánica de suelos.

Para este estudio se realizó el procedimiento de calicatas utilizando la norma CE-010 Pavimentos Urbanos, se exploró 11 calicatas las cuales fueron asignándole C1 hasta C11, posteriormente se designó los puntos específicos los donde se realizó las exploraciones estos se muestran en la Tabla 2, luego se procedió a realizar las excavaciones 1.5 m de profundidad, para ellos se utilizaron herramientas manuales, las muestras obtenidas se llevaron al laboratorio.

Tabla 2: Ubicación de las calicatas

Nº CALICATAS	PROFUNDIDAD (M)	UBICACIÓN
C1	1.5	Calle 1
C2	1.5	entre prolongación av. 1 y calle 2
C3	1.5	calle 33
C4	1.5	prolongación av. 1
C5	1.5	entre prolongación av. 1 y calle 14
C6	1.5	calle 14 (tramo II)
C7	1.5	calle13
C8	1.5	Av. las palmeras (tramo II)
C9	1.5	entre calle 34 y calle 15
C10	1.5	calle 13
C11	1.5	entre av. 1 y faja marginal

Fuente: elaboración propia

Con las muestras extraídas de las 11 calicatas se llevaron a cabo los siguientes ensayos los cuales se muestran a continuación en la Tabla 3, estos nos permitieron determinar las propiedades del suelo, mediante los ensayos físicos-mecánicos de las muestras obtenidas de las calicatas.

Tabla 3. Normas aplicadas para los ensayos de las muestras.

Ensayos del laboratorio	Normas aplicadas	N.º Ensayos
clasificación SUCS	ASTM D2487	11
clasificación AASHTO	ASTM D3282	11

Contenido de humedad	ASTM D2216, MTC E108, NTP 339.127	11
análisis granulométrico	ASTM D422, MTC E107, NTP 339.128	11
Proctor modificado	ASTM D1557, MTC E115, NTP 339.141	3
ensayo CBR	ASTM D1884	3

Fuente: Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos-sección suelos y pavimentos

Los ensayos de las muestras obtenidas de las calicatas C1 hasta C11 mostrando los resultados en la Tabla 4, donde indica que el tipo de suelo es una arena mal graduada la cual contiene baja humedad de coloración beige claro teniendo las partículas sub redondeadas y una textura áspera granular, se clasifico el SUCS como SP y AASSTHO de A-3(O).

Tabla 4. Resultados de los ensayos de las muestras.

Calicatas	Profundidad (m)	Contenido de humedad (%)	Clasificación		% Finos	L.L.	L.P	I.P
			AASSTHO	SUCS				
C1	1.5	1.94	A-3(O)	SP	1.6	NP	NP	NP
C2	1.5	1.67	A-3(O)	SP	1.4	NP	NP	NP
C3	1.5	1.85	A-3(O)	SP	1.2	NP	NP	NP
C4	1.5	1.86	A-3(O)	SP	1.8	NP	NP	NP
C5	1.5	2.07	A-3(O)	SP	1.3	NP	NP	NP
C6	1.5	2.00	A-3(O)	SP	1.7	NP	NP	NP
C7	1.5	1.08	A-3(O)	SP	1.5	NP	NP	NP
C8	1.5	1.98	A-3(O)	SP	1.8	NP	NP	NP
C9	1.5	2.02	A-3(O)	SP	1.4	NP	NP	NP
C10	1.5	1.96	A-3(O)	SP	1.6	NP	NP	NP

C11	1.5	1.93	A-3(0)	SP	1.2	NP	NP	N P
-----	-----	------	--------	----	-----	----	----	--------

Fuente: Elaboración propia

En esta clasificación la tabla 5, no refiere que el CBR = 11% lo que nos indica que la sub rasante es de capacidad regular.

Tabla 5. Clasificación de materiales por excavaciones

CALICATAS	CLASIFICACIÓN AASTHO	DSM (g/cm ³)	C.B.R. (0.10")	
			95% DSM	100% DSM
C1	A-3(0)	1.767	11.4	17.4
C5	A-3(0)	1.77	10.8	17.00
C10	A-3(0)	1.76	11.00	15.6

Fuente: Elaboración propia

4.3. Estudio de tráfico.

Se realizó el conteo de vehicular el 11 de abril del 2022, durante 18 horas los 7 días de la semana, con los datos obtenidos se determinó el índice medio diario semanal (IMDs), posteriormente se procede a calcular el índice medio diario anual (IMDA), para ello se necesita conocer los factores de corrección estacional (Fc) los cuales fueron extraídos de la ficha técnica del MTC, por lo cual se escogió el peaje Pacanguilla debido que este se encuentra cerca de la zona de estudio.

Fc vehículos ligeros = 1.07(abril) ver Anexo 8.

Fc vehículos pesados = 1.06(abril) ver Anexo 9.

Tabla 6. Estudio de tráfico

vehiculos	IMDs	%	FC	IMDa
AUTO	109	38%	1.07	116
PICKUP	56	20%	1.07	60
RURAL COMBI	31	11%	1.07	33
MICRO	50	17%	1.07	53
BUS 2E	16	5%	1.07	17
BUS 3E	1	0%	1.07	1
CAMION 2E	18	6%	1.06	19
CAMION 3E	7	2%	1.06	7
2S1/2S2	1	0.5%	1.06	2
total	289	100%		309

Fuente: Elaboración propia

4.4. Características de diseño del pavimento flexible y rígido

4.4.1. Diseño del pavimento flexible

Periodo de diseño.

Se realizó el diseño para un periodo de 20 años, debido a que se trata de pavimento superior (flexible).

Tráfico de Diseño.

El tráfico de diseño se determinó en términos de Ejes Equivalentes a ejes simples de 18,000 lb (ESAL) considerando la carga del tráfico vehicular que se muestra en la tabla 7.

Factor de distribución direccional (Fd)=0.50. Ver Anexo 10.

Factor de distribución direccional (Fd)=1.00. Ver Anexo 10.

Factor camión (Fc). Ver cálculos en la Anexo 11.

Periodo de diseño(N)=20 años.

Tasa de crecimiento de vehículos ligeros (r)= 1.26 %. Ver anexo 12.

Tasa de crecimiento de vehículos pesados (r)= 2.83 %. Ver anexo 13.

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

Tabla 7. Determinación del ESAL

VEHICULOS	IMDA	Nº Veh./Año	Fd	Fc	F.cam	F.crecim	ESAL
AUTO	116	42340	1.0	0.5	0.0011	22.59	504
PICKUP	60	21900	1.0	0.5	0.0011	22.59	261
RURAL COMBI	33	12045	1.0	0.5	0.0011	22.59	143
MICRO	53	19345	1.0	0.5	0.14	22.59	30770
BUS 2E	17	6205	1.0	0.5	2.32	22.59	162501
BUS 3E	1	365	1.0	0.5	2.32	22.59	9559
CAMION 2E	19	6935	1.0	0.5	3.48	26.41	318433
CAMION 3E	7	2555	1.0	0.5	2.53	26.41	85224
SEMI TRAYLER	2	730	1.0	0.5	3.76	26.41	36294
ESAL DE DISEÑO							643689

Fuente: elaboración propia

Módulo resiliente.

Para conocer el módulo de resiliencia, primero se tuvo que determinar el CBR mediante el estudio de mecánica de suelos en el cual se obtuvo un CBR=11%, remplazamos este dato en la siguiente ecuación:

$$Mr = 2555 \times CBR^{0.64}$$

$$Mr = 2555 \times 11^{0.64}$$

$$Mr = 11854.47\text{psi}$$

Confiabilidad y la desviación estándar

La guía AASTHO nos indica que los valores fueron obtenidos mediante el tipo de tráfico, esos valores se pueden apreciar en, anexo 14 y anexo 15.

$$(\%R) = 80\%$$

$$(ZR) = -0.842.$$

Desviación estándar combinada

La guía AASHTO nos recomienda el valor de 0.45.

$$(So) = 0.45$$

Índice de serviciabilidad presente.

Estos índices serán adoptados según la norma CE-0.10, indicando que para el índice inicial para pavimento flexible es de 4.2 y para el índice final es 2. Ver tabla 8.

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

Tabla 8. índice de serviciabilidad final

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

Fuente: CE-10 Pavimentos urbanos

Obtenido todos los datos necesarios para determinar el número estructural requerido, pasamos a introducir todos los datos al software Excel mediante la fórmula

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

Obteniendo el número estructural requerido que fue:

$$SN = 2.483$$

Determinar el número estructural calculado.

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3$$

Los coeficientes estructurales se definieron según el manual de carreteras ver anexo 16.

Coefficiente estructural de la carpeta asfáltica $a_1 = 0.17$

Coefficiente estructural de la base $a_2 = 0.052$

Coefficiente estructural de la sub base $a_3 = 0.047$

Coefficiente de drenaje para las capas superficial base y subbase, fueron definidos de acuerdo al manual de carreteras. Ver anexo 17.

Coefficiente de drenaje para base $m_2 = 1$

Coefficiente de drenaje para la sub base $m_3 = 1$

Espesor de capa Superficial, Base y Subbase, estos fueron calculados de acuerdo al manual de carreteras siguiendo los parámetros.

Espesor de la capa superficial $D = 6$ cm

Espesor de la base $D = 15$ cm

Espesor de la sub base $D = 15$ cm

Determinando así el número estructural

Número Estructural requerido $SN = 2.461$

Número Estructural calculado $SN = 2.505$

SN CALCULADO > SN REQUERIDO... SI CUMPLE

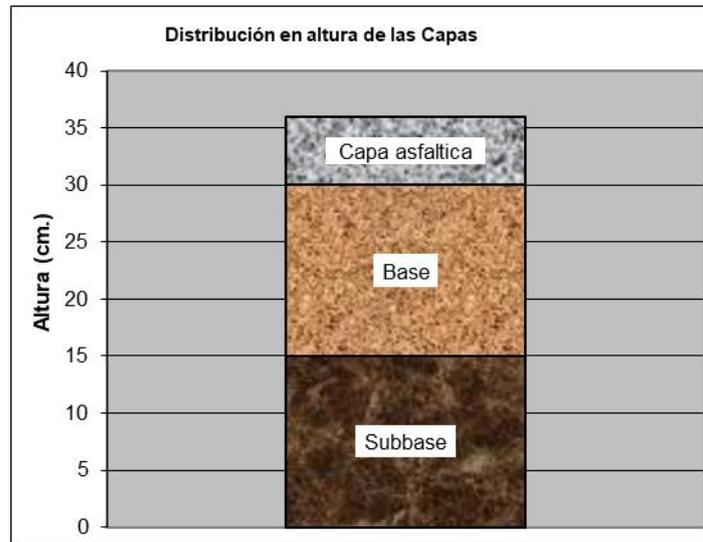


Figura 2: dimensiones de las alturas las capas del pavimento flexible.

4.4.2. Diseño del pavimento rígido.

Periodo de diseños.

Se realizó el diseño para un periodo de 20 años, debido a que se trata de pavimento superior (rígido).

Tráfico de Diseño.

El tráfico de diseño se determinó en términos de Ejes Equivalentes a ejes simples de 18,000 lb (ESAL) considerando la carga del tráfico vehicular que se muestra en la tabla 9.

Factor de distribución direccional (Fd)=0.50. Ver anexo 10.

Factor de distribución direccional (Fd)=1.00. Ver anexo 10.

Factor camión (Fc). Ver cálculos en anexo 18.

Periodo de diseño(N)=20 años.

Tasa de crecimiento de vehículos ligeros (r)= 1.26 %. Ver anexo 12.

Tasa de crecimiento de vehículos pesados (r)= 2.83 %. Ver anexo 13.

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

Tabla 9. Determinación del ESAL

VEHICULOS	IMDA	N° Veh./Año	Fd*Fc	F.cam	F.crecim	ESAL
AUTO	116	42340	0.5	0.0009	22.59	417
PICKUP	60	21900	0.5	0.0009	22.59	216
RURAL COMBI	33	12045	0.5	0.0009	22.59	119
MICRO	53	19345	0.5	0.13	22.59	28795
BUS 2E	17	6205	0.5	3.07	22.59	215179
BUS 3E	1	365	0.5	3.07	22.59	12658
CAMION 2E	19	6935	0.5	3.53	26.41	323177
CAMION 3E	7	2555	0.5	3.41	26.41	114929
SEMI TRAYLER	2	730	0.5	6.47	26.41	62396
ESAL DE DISEÑO						757886

Fuente: Elaboración propia

índice de serviciabilidad presente (PSI)

Estos índices serán adoptados según la norma CE-0.10, la cual indica que el índice inicial para pavimento rígido es de 4.5 y para el índice final es 2.

$$\Delta PSI = P_o - P_t$$

$$\Delta PSI = 2.5$$

Desviación estándar combinada

La guía AASHTO nos recomienda el valor de 0.35.

$$S_o = 0.35$$

confiabilidad y la desviación estándar

La guía AASTHO nos indica que los valores fueron obtenidos mediante el tipo de tráfico, esos valores se pueden apreciar en Anexos 14 y anexo 15.

$$\%R = 80\%$$

$$Z_R = -0.842$$

Módulo de reacción de la subrasante (K_o), lo determinamos de dos maneras por formulas y por Abaco, sabiendo que el CBR=11%.

$$K = 2.55 + 52.5(\text{Log CBR}) \text{ MPa/m} \quad \text{CBR} \leq 10$$

$$K = 46.0 + 9.08(\text{Log CBR})^{4.34} \text{ MPa/m} \quad \text{CBR} > 10$$

$$K_o = 57 \text{ MPa/m. ver tabla 10.}$$

Módulo de reacción de la sub base granular (K1), lo determinamos mediante Abaco.

Sub base CBR = 40% (mínimo recomendado)

K1=120 MPa/m. ver Tabla 10.

Espesor de la subbase granular (recomendado por la MTC)

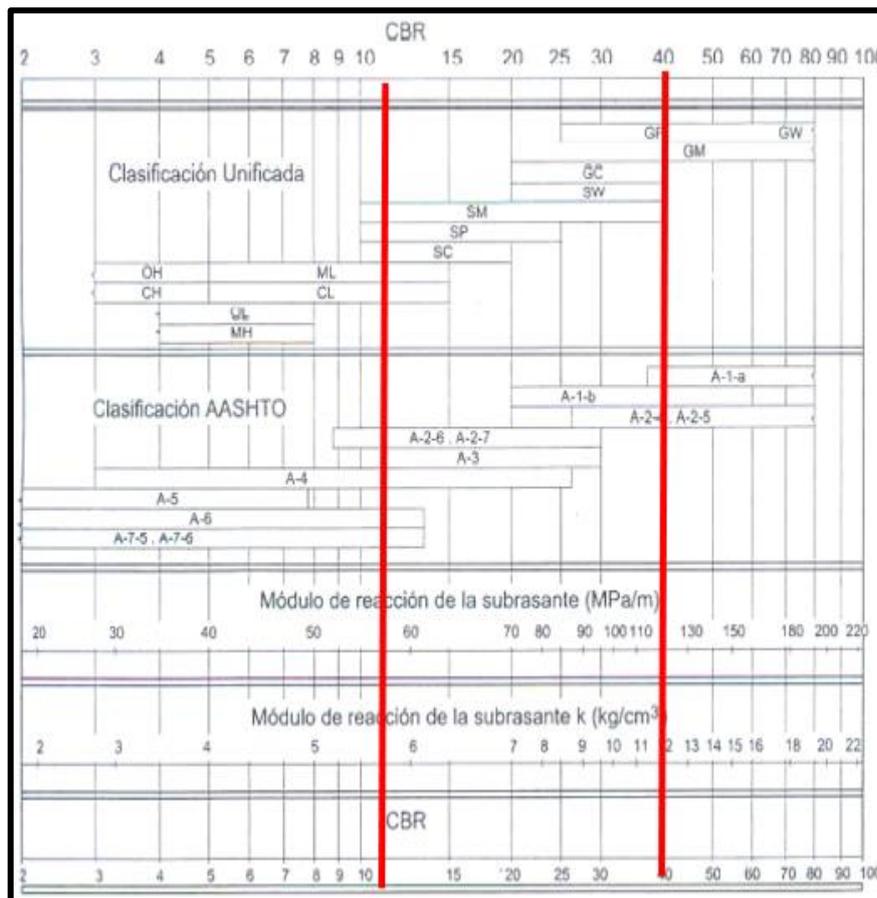
h = 15 cm.

Módulo de reacción combinado (Kc), lo determinamos mediante formula.

$$K_c = \left[1 + \left(\frac{h}{38} \right)^2 \times \left(\frac{K_1}{K_0} \right)^{2/3} \right]^{0.5} \times K_0$$

$$K_c = 63.88 \text{ MPa/m}$$

Tabla 10. Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Sub rasante



Fuente: Manual Portland Cement Association

Módulo elástico del concreto, este valor dependerá del tráfico de acuerdo al manual de carreteras. Ver anexo 19.

$$f'c = 280 \text{ kg/cm}$$

$$f'c = 3982.53 \text{ PSI}$$

Módulo de ruptura ($s'c$), Este valor fue determinado mediante formula remplazando el módulo elástico del concreto.

$$S'c = 32x (f'c)^{\frac{1}{2}}$$

$$S'c = 535.462 \text{ PSI}$$

Módulo elástico del concreto, este valor es calculado mediante formula remplazando el módulo elástico del concreto.

$$Ec = 57000 x (f'c)^{0.5}$$

$$57000 x 3982.53^{0.5} = 3597074 \text{ psi}$$

Drenaje, este valor es obtenido de la tabla de coeficientes de drenaje. Ver Tabla 11.

$$Cd = 1$$

Transferencia de cargas (J), este valor es recomendado por AASHTO.

$$J = 3.2$$

$$\text{Log } W_{18} = Z_R S_o + 7.35 \log(D + 1) - 0.06 + \frac{\log \left(\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right)}{\frac{1.624 x 10^7}{(D + 1)^{8.46}}}$$

$$+ (4.22 - 0.32 P_t) \log \left[\frac{S_c C_d (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 J \left(D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{K} \right)^{0.25}} \right)} \right]$$

Remplazamos en la formula los datos obtenidos y tenemos como resultado que el espesor de la losa de concreto de $D = 18 \text{ cm}$ y espesor de la sub base granular de $D = 15 \text{ cm}$.

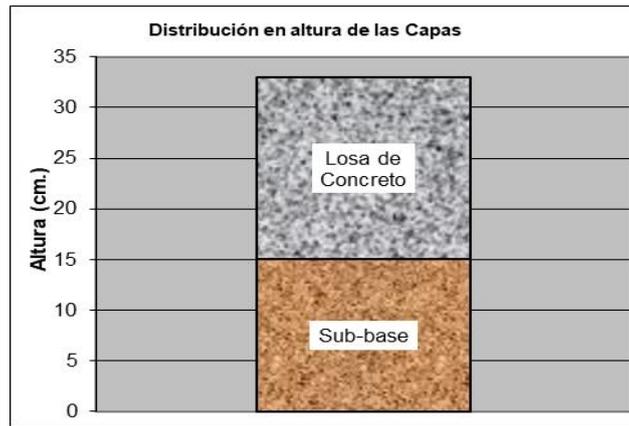


Figura 3: dimensiones de las alturas de las capas del pavimento rígido.

4.5. Diferencias del pavimento rígido y el pavimento flexible.

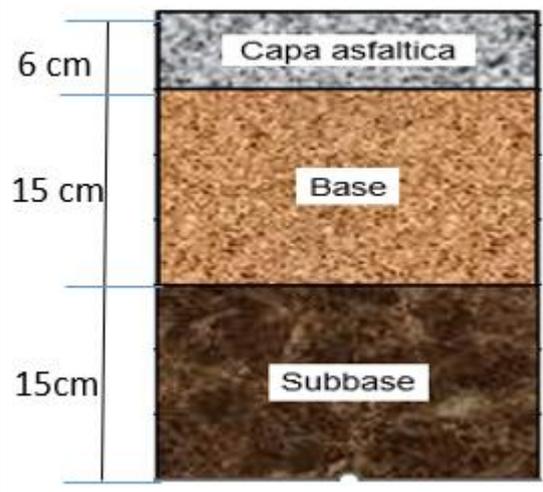
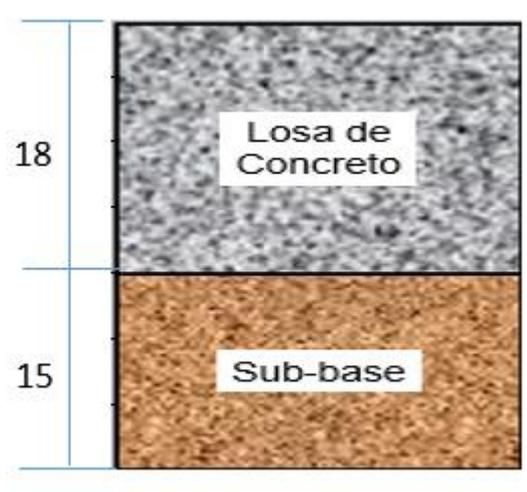
DISEÑO DEL PAVIMENTO	
PAVIMENTO FLEXIBLE	PAVIMENTO RÍGIDO
 <p>6 cm 15 cm 15 cm</p> <p>Capa asfáltica Base Subbase</p>	 <p>18 15</p> <p>Losa de Concreto Sub-base</p>
Este pavimento fue diseñado en caliente con un espesor de capa asfáltica de 6 cm.	este pavimento tiene una losa de concreto con un espesor de 18 cm, Con un mínimo de $F'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.
La base granular tiene un espesor de 15 cm y cuenta con un $\text{CBR}=80\%$ compactado al 100% MDS.	La Sub base granular de este pavimento es de un espesor de 15 cm y cuenta con un $\text{CBR}=80\%$ compactado al 100% MDS.
La subbase tiene un espesor de 15 cm, con un $\text{CBR}= 40\%$ compactado al 100%.	
La subrasante estará definida por $\text{CBR}=11\%$ compactado a un 95% MDS.	La subrasante estará definida por $\text{CBR}=11\%$ compactado a un 95% MDS.

Figura 4. comparación del diseño del pavimento flexible y rígido

V. DISCUSIÓN:

De acuerdo a nuestro estudio realizado a fin de determinar las diferencias estructurales frente a dos tipos de pavimentos como son flexible y rígido en el AA. HH las palmeras aportó para la discusión con ayuda de los antecedentes mencionados en un inicio de la investigación.

Teniendo como primer objetivo donde se propuso determinar el estudio topográfico, frente a ello se encontró que el terreno ondulado cuenta con una pendiente longitudinal máxima de 12%, ya que está ubicada en un lugar donde cuenta con elevaciones poco pronunciadas, es así como en la tesis de Asmat & Vera (2019) se puede realizar un acercamiento en cuanto se refiere a la topografía ya que se visualiza que el terreno es de tipo ondulado sin embargo la pendiente varía en un 2% respecto a la presente investigación. De manera que la coincidencia es diminutiva.

Para nuestro segundo objetivo se determinó realizar el estudio de suelos a fin de tener en cuenta la calidad de material que cuenta el terreno obteniendo respuestas de acuerdo a excavaciones con una profundidad de 1.5m contando con un CBR de un 11% indicándonos que la sub rasante es de capacidad buena, un caso muy similar sucede con Herencia (2020) puesto que dentro de su estudio de suelos realizado se visualizó que su resultado fue de un 11.75% de manera que hubo una variación de 1.75%. encontrándose coincidencia con la respuesta obtenida en nuestro proyecto.

En tanto como tercer objetivo se consideró el estudio de tráfico de manera que se tomó el tiempo para obtener el IMDA resultando que mayor a 159612 vehículos pasan por día a diferencia del resultado de Asmat & Vera (2021) que comparación con el IMDA 218549 vehículos por día resulta ser una variación abismal.

Es así como para nuestro penúltimo objetivo de acuerdo al diseño de pavimentos se obtuvo respuestas donde el pavimento rígido obtuvo espesores de las dos capas como son losa de concreto y la sub-base, de manera que los resultados fueron 18cm y 15 cm respectivamente, en tanto para el pavimento flexible los espesores para su base y sub base fueron iguales con una cantidad de 15cm a diferencia de la carpeta asfáltica siendo este de 6cm. Teniendo en los resultados de las muestras de Bravo (2021) consideraron de acuerdo a cálculos y al tipo de terreno dentro del pavimento flexible espesores de 6.0cm y 20cm (base y sub base), y para el

pavimento rígido 21cm y 15cm seguidamente, de manera que hay poca similitud en los espesores de cada pavimento.

Por último y luego de los resultados obtenidos a partir de la metodología AASHTO 93, se pudo apreciar que existe una diferencia de acuerdo al diseño de cada pavimento una vez calculado eso en lo que se refieren a la carpeta asfáltica y base del pavimento flexible, ya que para la sub base el espesor resulta ser el mismo en ambos tipos de pavimentos obteniendo así resultado en favor del pavimento flexible ya que aporta en la vida útil; Rojas (2021) realizó una investigación referente al tema tratado en el presente proyecto donde consistió realizar una diferencia entre el pavimento flexible y rígido a fin de evaluar cada uno de ellos es así como se a realizar la evaluación como tal, obteniendo que al referirse a diseño, metrados y costo el pavimento flexible resulta ser el más conveniente a diferencia del pavimento rígido, de manera que al ser ejecutada, el diseño y presupuesto será del pavimento a base de carpeta asfáltica. De manera que el proyecto tiene respuesta similar de acuerdo a los cálculos que se ha desarrollado en el presente proyecto.

V. **CONCLUSIONES:**

1. El estudio topográfico de los 9 Kilómetros de la vía nos dio como resultado que el terreno es ondulado y cuenta con una pendiente máxima de 12%.
2. De acuerdo al estudio de mecánica de suelos tenemos que el suelo del AA.HH. Las Palmeras, según la clasificación AASTHO es un A-3(0) y según la clasificación SUCS es de tipo SP, teniendo un CBR al 95% de la densidad máxima seca es un 11%, lo que nos quiere decir tiene una subrasante buena.
3. Mediante el estudio de tráfico encontramos el IMDA el cual fue de 309 Veh/día, lo que nos indica que es una vía local debido a que tiene baja transitabilidad.
4. En cuanto al diseño del pavimento fue para 20 años utilizando la metodología AASTHO 93, teniendo como ESAL de diseño para flexible de 642135 siendo un Tp3 y para rígido el ESAL de diseño es 791305 siendo un Tp4; la estructura del pavimento flexible fue la capa asfáltica de 6 cm y la base granular de 15 cm y la sub base de 15 cm y para el rígido tenemos que la losa de concreto es de 18 cm y la base granular de 15 cm.
5. Se logro llevar a cabo la comparación de los paquetes estructurales del pavimento flexible y rígido para la vía del AA.HH. Las Palmeras determinando que es mejor para esta vía el diseño del pavimento flexible debido a que la vía tiene baja transitabilidad y además que este pavimento es más económico.
6. Muchos antecedentes, coinciden con nuestro estudio, confirmando nuestra hipótesis de investigación que al comparar las estructuras de los pavimentos una vez determinado este aportará en la mejoría de la transitabilidad vial así mismo contribuirá al desarrollo de la población brindando una mejor calidad de vida.

VI. RECOMENDACIONES:

Dentro de la topografía es recomendable contar con los perfiles precisos tanto longitudinal como transversal a fin de determinar las pendientes máximas y las secciones transversales

Se debe considerar mediciones del CBR en cuanto se refiere a la subrasante ya que estos datos varían con el pasar de los años de manera que influye en gran medida para el diseño como tal.

Se recomienda realizar el estudio de tráfico determinado el IMDA, se manera que nos permitirá determinar de manera eficiente el diseño del pavimento.

Si bien es cierto el costo influye directamente en el diseño, este no precisamente señala al pavimento flexible viable, de manera que eso únicamente dependerá de la unidad ejecutora

REFERENCIAS

- AASHTO. (1993). Guide for Design of Pavement Structures. Washington D.C.: American Association of State Highway and Transportation Officials. Disponible en:
[https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=1HRB12tBQNMC&oi=fnd&pg=PR7&dq=%E2%80%A2+AASHTO.+\(1993\).&ots=RtwsJAdNBe&sig=9zl559gWc5iZpJTHF5ulNsiO-lq#v=onepage&q=%E2%80%A2%20AASHTO.%20\(1993\).&f=false](https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=1HRB12tBQNMC&oi=fnd&pg=PR7&dq=%E2%80%A2+AASHTO.+(1993).&ots=RtwsJAdNBe&sig=9zl559gWc5iZpJTHF5ulNsiO-lq#v=onepage&q=%E2%80%A2%20AASHTO.%20(1993).&f=false)
- ÁLVAREZ-RISCO, Aldo. Clasificación de las Investigaciones. 2020. Disponible en:
<https://repositorio.ulima.edu.pe/handle/20.500.12724/10818>
- AZAÑA VELEZ, Elizabeth, Análisis comparativo entre pavimento rígido y flexible en la vía urbanización el pinar - centro poblado de Marian, independencia, Huaraz – 2018, Perú, 2018. Disponible en:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26315>
- BURGOS VASQUEZ, Bruno, Análisis comparativo entre un pavimento rígido y un pavimento flexible para la ruta s/r: Santa Elvira – el Arenal, en la comuna de Valdivia, Chile, 2014. Disponible en:
<http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2014/bmficib957a/doc/bmficib957a.pdf>
- CASTILLO ADRIANZEN, Diego; CASTRO MARADIAGUE, Joao, Análisis comparativo de costos entre el diseño estructural de un pavimento flexible frente a un pavimento rígido para el mejoramiento del camino vecinal Yapato-Tajamar-Pampa de Loro distrito de Sechura – Piura. Perú, 2021. Disponible en:
<https://repositorio.upao.edu.pe/handle/20.500.12759/7100>
- CHAMBI CHAMBILLA, Marco; ISIDRO CHAGUA, Rolando, Estudio comparativo técnico-económico entre pavimento rígido y pavimento flexible

como alternativa de pavimentación de la avenida circunvalación del distrito de Yunguyo, provincia de Yunguyo – puno, Perú, 2017. Disponible en:

<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/7542>

- ESTEBAN NIETO, Nicomedes. Tipos de investigación. 2018. Disponible en: <http://repositorio.usdg.edu.pe/handle/USDG/34?locale=fr>
- HERNÁNDEZ-SAMPIERI, Roberto; TORRES, Christian Paulina Mendoza. Metodología de la investigación. México. eD. F DF: McGraw-Hill Interamericana, 2018. Disponible en:
- HUMPIRI PINEDA, Katia. Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de puno, Perú, 2015. Disponible en: <http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/426>
- HURTADO ACUÑA, Randy, Análisis comparativo entre pavimento flexible y rígido para uso en ruta cantonal de El Guarco. Costa Rica, 2016. Disponible en: <https://hdl.handle.net/2238/7271>
- VALENZUELA DE LA CRUZ, Rodolfo. Análisis comparativo de pavimento rígido, flexible y articulado en la infraestructura vial del casco urbano de Moche, Trujillo, La Libertad. 2020. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/58225>
- LIZCANO, Fredy Reyes; QUINTANA, Hugo Rondón. *Pavimentos: Materiales, construcción y diseño*. ECOE ediciones, 2015.
- MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES (Perú). Del 2016: Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos. 2014.

- PAREDES VELA, Fernando; DELGADO MEGO, Jorge, Análisis comparativo de pavimento flexible y rígido para la reparación de las calles del centro del Distrito de Tarapoto, Perú, 2019. Disponible en:
<http://hdl.handle.net/11458/3351>
- PAUCAR CURO, Elvis, Evaluación de pavimentos flexibles y rígidos aplicando las metodologías de inspección visual de zonas y rutas en riesgo e índice de condición del pavimento para el mantenimiento vial, caso de la av. floral y Jr. Carabaya, Puno, Perú, 2019. Disponible en:
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/12319/Paucar_Curo_Elvis_Franklin.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- PINTO CONDORI, Edith; ROJAS HUAMANCHA, Percy, Análisis comparativo entre un pavimento rígido convencional y un pavimento rígido con geo celdas en la Av. Augusto B. Leguía, Ciudad de Puquio- Ayacucho – 2021, Perú, 2021. Disponible en:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/72338>
- VASQUEZ CORDANO, Arturo; BENDEZÚ MEDINA, Luis, Ensayos sobre el Rol de la infraestructura vial en el crecimiento económico del Perú, Perú, 2008.
- VEGA BERMUDEZ, LIZBETT. Análisis comparativo entre un pavimento rígido y flexible en la vía Taricá – Pariahuanca, Carhuaz – Ancash 2018. Perú, 2018. Disponible en:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/26764>
- BAZAN TUESTA, Cristian; VARGAS GUEVARA, Oscar, Diseño estructural de pavimentos para mejorar la transitabilidad de las calles las margaritas, 7 de julio y Ricardo palma del barrio 1 en el centro poblado alto Trujillo, 2020. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.12759/7092>

- VEGA PÉRRIGO, Daniel, Diseño de los pavimentos de la carretera de acceso al nuevo puerto de Yuri maguas (km 1+000 a 2+000), 2018. Disponible en:
<https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/12088>
- OCAÑA TORREJÓN, Henry, Propuesta técnica para el diseño geométrico y diseño estructural del pavimento flexible, pavimento semiflexible y pavimento rígido para la avenida las amapolas, en los distritos de veintiséis de octubre y Piura, provincia de Piura, región Piura, 2018. Disponible en:
<http://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1247>
- ROJAS TAPIA, James, Análisis de alternativas para el diseño de pavimentos en las calles de acceso al mercado mayorista José Olaya, distrito de nueva Cajamarca, departamento san Martín, 2020. Disponible en:
<http://hdl.handle.net/20.500.12423/4226>
- SANCHEZ BRAVO, Karen, Diseño estructural del pavimento para mejorar su transitabilidad en la av. el sol del AA.HH. Víctor Raúl haya de la torre – la esperanza – Trujillo – la libertad, 2021. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.12759/8744>
- SANCHEZ VASQUEZ, Oscar, Diseño de pavimento empleando el método AASHTO 93 para el mejoramiento de la carretera Ayacucho - Abancay. tramo: Ayacucho km. 0+000 – km. 50+000, 2029. Disponible en:
<http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/3306>
- HERENCIA GUERRA, Alex, Análisis del comportamiento estructural entre un pavimento flexible y un pavimento rígido para la av. Ernesto m. borda a. ubicado entre la av. circunvalación lado este y la av. Tintaya de la ciudad de Juliaca, 2020. Disponible en:
<http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/5278>

- VASQUEZ AGIP, JOSÉ KEVINS. Comparación entre el diseño de pavimento rígido y flexible reforzados con geomalla biaxial en la pavimentación de la Av. Perú de la ciudad de Chota – Cajamarca, 2020. Disponible en:
<http://hdl.handle.net/20.500.14074/3945>
- JIMENEZ ROJAS, Madeleine & VALVERDE OLIVEROS, Magna, diseño comparativo entre pavimento flexible y rígido en el tramo de Pariahuanca – san miguel de Aco, Áncash, 2018. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.12692/26758>
- RUIZ URRUTIA Marlon & RODRIGUEZ PERALTA, Cesar. Comparación Técnico-Económica del uso de Pavimento Rígido y Pavimento flexible en Nicaragua Estudio de caso: Tramo Unikwuas-Mulukukú, 2016. Disponible en:
<http://repositorio.unan.edu.ni/1356/>
- VILLAVICENCIO HERRERA, Jose & CASTILLO TIGRERO, Marvin, Diseño de pavimento rígido o flexible, para plataforma de parqueo de avión Airbus 330 – 200, ubicado en el aeropuerto José Joaquín de olmedo´, Guayaquil, 2016. Disponible en:
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/15340>
- COTO SANCHEZ, José, Comparación de las estructuras de pavimento rígido y flexible por medio de un análisis de ciclo de vida, enfocado a carreteras de tránsito pesado, 2016. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/2238/6792>
- MOSTAFÁ, Batouli, BIEMVENU, Michael & MOSTAFAVI, Ali, Poniendo la teoría de la sustentabilidad en la práctica del diseño vial: Implementación del análisis LCA y LCCA para la selección del tipo de pavimento en la toma de decisiones del mundo real, 2017. Disponible en:

- ASMAT DELGADO, Diego & VERA FERNANDEZ, Carol, Diseño estructural del pavimento de la calle 45 en el centro poblado el Milagro – La Libertad, 2021. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.12759/8616>
- BRICEÑO ESTRADA, Karla & TELLO VASQUEZ, Pool. Análisis comparativo del diseño estructural y evaluación económica entre un pavimento rígido, flexible y adoquinado utilizando el método ASSHTO-93 para la av. miguel Grau, tres de octubre, nuevo Chimbote, 2019. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.12759/4771>
- TACZA HERRERA, Erica & RODRIGUEZ PAEZ, Braulio, Evaluación de fallas mediante el método PCI y planteamiento de alternativas de intervención para mejorar la condición operacional del pavimento flexible en el carril segregado del corredor Javier Prado, 2018. Disponible en:
<http://hdl.handle.net/10757/624556>

ANEXOS

Anexo 1

Cantidad de Calicatas para exploración de suelos.

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA < 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

Fuente: **Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.**

Anexo 2.

Número de ensayos de CBR

Tipo de Carretera	N° M _R y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 M_R cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 M_R cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 M_R cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 M_R cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 M_R cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> 1 M_R cada 3 km y 1 CBR cada 1 km
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 1.5 km se realizará un CBR (*)
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 2 km se realizará un CBR (*)
Carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 3 km se realizará un CBR

Fuente: **Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.**

Anexo 3.

Categoría de Subrasante.

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: **Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.**

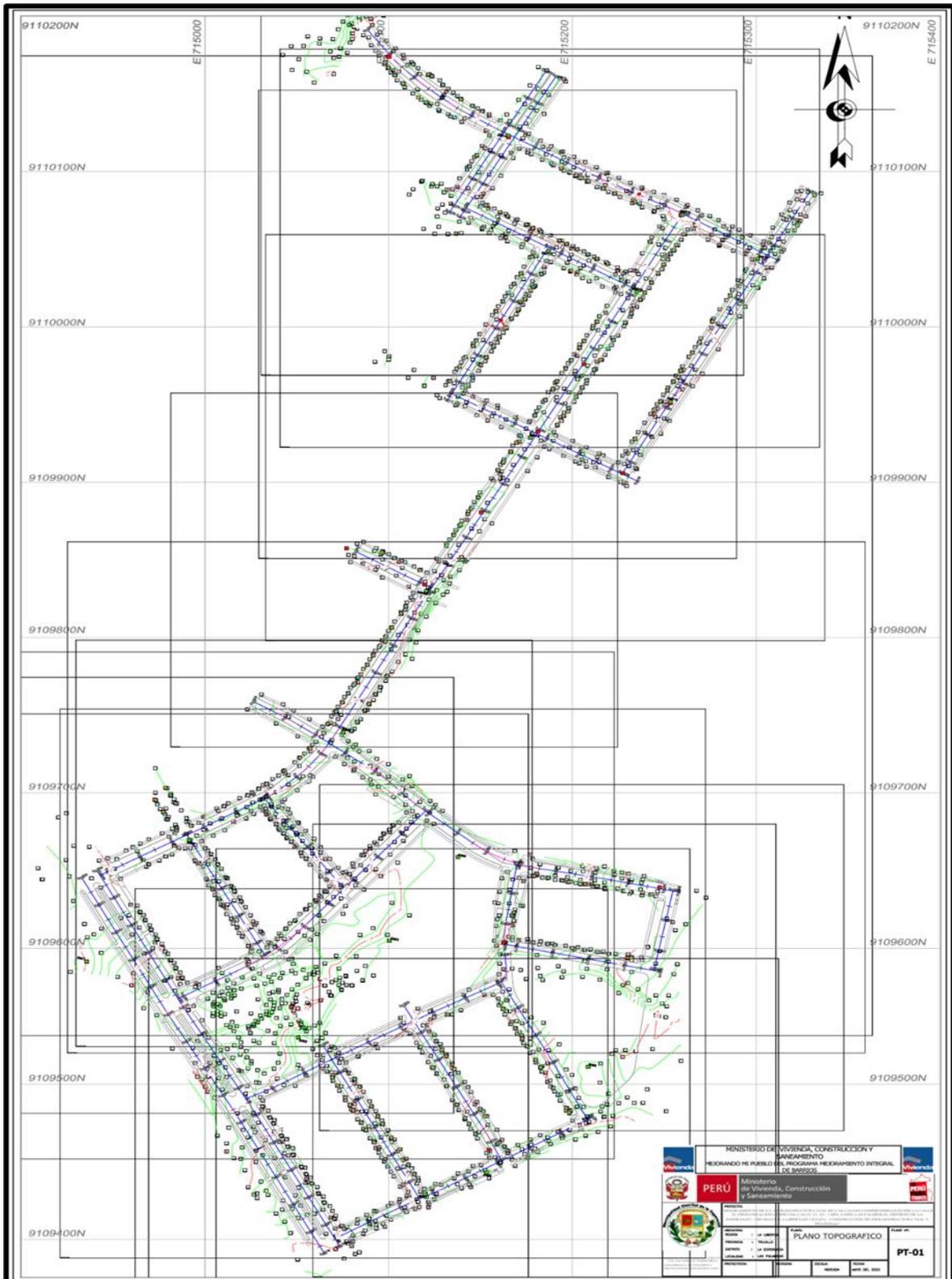
Anexo 4.

Especificaciones técnicas para tipos de pavimentos

Tipo de Pavimento		Flexible	Rígido	Adoquines
Elemento				
Sub-rasante		95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar		
		Espesor compactado: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas		
Sub-base		CBR ≥ 40 %	CBR ≥ 30 %	
Base		CBR ≥ 80 %	N.A.*	CBR ≥ 80%
Imprimación/capa de apoyo		Penetración de la Imprimación ≥ 5 mm	N.A.*	Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm.
Espesor de la capa de rodadura	Vías locales	≥ 50 mm	≥ 150 mm	≥ 60 mm
	Vías colectoras	≥ 60 mm		≥ 80 mm
	Vías arteriales	≥ 70 mm		NR**
	Vías expresas	≥ 80 mm	≥ 200 mm	NR**
Material		Concreto asfáltico ***	MR ≥ 34 Kg/cm ² (3,4 MPa)	f _c ≥ 380 Kg/cm ² (38 MPa)

Fuente: CE-010 Pavimentos Urbanos.

Anexo 6.
Plano Topográfico



Fuente: expediente técnico

Anexo 7.

Operacionalización de variable.

variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medicación
Diseño estructural de pavimento flexible	El pavimento flexible se conforma por tres capas, una es la carpeta de rodamiento la cual se apoya sobre la base y la subbase las cuales están compuestas de material granular mientras que la capa de rodamiento es de materiales bituminosos. (Lizcano,2015)	Según el AASTH 93 diseño del pavimento flexible se basa en la determinación de la estructura, la cual soportara las cargas exigidas.	diseños de pavimentos flexible	Periodo de diseño	razón
				Módulo de resiliencia	
				Confiabilidad	
				Coficiente estadístico de desviación estándar normal	
				Desviación estándar combinada	
				Índice de serviciabilidad presente	
				Numero estructural propuesto	
Diseño estructural de pavimento rígido	El pavimento rígido está conformado por una losa de concreto que puede ser simple o armada la cual se encuentra apoyada sobre una base o subbase, estas absorben los esfuerzos de las cargas del tránsito debido a su excelente distribución. (AASTHO 93,1993)	Según AASTHO 93 para determinar su diseño se tiene que definir los factores y parámetros que intervienen en el diseño.	diseños de pavimento rígido	eriodo de diseño	razón
				transito	
				serviciabilidad	
				confiabilidad y la desviación estándar	
				el suelo y el efecto de las cargas apoyado	
				resistencia a la flexotraccion del concreto	
				modulo elástico del concreto	
				drenaje	
				transferencias de cargas	

Fuente: elaboración propia

Anexo 8.
Factor de corrección de vehículos ligeros

Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje -								
N°	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
		Ligeros						
		FC						
1	AGUAS CALIENTES	0.9394	0.8663	1.1161	1.0973	1.1684	1.1945	0.9458
2	AGUAS CLARAS	1.0204	1.0668	1.1013	1.0449	0.9979	0.9663	0.8917
3	AMBO	0.7822	0.8431	0.8697	0.7549	0.7755	0.7823	0.7479
4	ATICO	0.8849	0.7376	1.0578	1.0168	1.1538	1.1764	0.9711
5	AYAVIRI	0.9913	0.9287	1.0870	1.0730	1.1003	1.0878	0.9449
6	CAMANA	0.5935	0.4934	1.0509	1.2563	1.3886	1.3951	1.2549
7	CANCAS	0.8722	0.8703	1.0694	1.1121	1.1631	1.2130	0.9722
8	CARACOTO	1.0576	0.9886	1.0999	1.0550	1.0578	1.0471	0.9900
9	CASARACRA	1.1441	1.1924	1.2529	0.9991	0.9240	1.0245	0.8401
10	CATAC	1.0592	1.0589	1.3534	1.0406	1.0772	1.0762	0.8316
11	CCASACANCHA	1.0321	1.0692	1.1050	1.0611	1.0719	1.0565	0.9517
12	CHACAPAMPA	1.0342	0.9781	0.9886	1.0653	1.0693	1.2488	1.0419
13	CHALHUAPUQUIO	1.1804	1.2304	1.2157	1.0487	1.0103	1.0467	0.7867
14	CHICAMA	0.9891	0.9536	1.0369	1.0347	1.0520	1.0477	0.9368
15	CHILCA	0.6041	0.5736	0.7824	1.0624	1.5470	1.6110	1.3032
16	CHULLQUI	1.0428	1.0728	1.0509	1.0163	1.0500	0.9407	0.9832
17	CHULLICANAS	1.0210	1.0629	1.1565	1.1355	1.0650	1.0374	0.9771
18	CIUDAD DE DIOS	0.9338	0.9146	1.1930	1.0736	1.0024	1.0271	0.9071
19	CORCONA	1.1416	1.1681	1.2623	1.0206	0.9748	1.0336	0.7786
20	CRUCE BAYOVAR	0.9033	0.8846	1.0933	1.0974	1.1592	1.1950	0.8640
21	CUCULI	0.9888	1.0380	1.1242	1.1174	1.1070	0.9545	0.9574
22	DESVIO OLMOS	0.9736	1.0105	1.1312	1.1600	1.1451	1.0896	0.9427
23	DESVIO TALARA	0.8889	0.8761	1.0496	1.0840	1.1438	1.1754	0.9465
24	EL FISCAL	0.8940	0.8401	1.0559	1.0613	1.0717	1.1289	1.0109
25	EL PARAISO	0.9205	0.9105	1.0517	0.9857	1.1149	1.1469	0.9012
26	FORTALEZA	0.9181	0.8373	1.0150	1.0162	1.1492	1.1835	0.8765
27	HUACRAPUQUIO	0.8954	0.9256	0.8519	0.7865	1.1504	0.9951	0.8705
28	HUARMEY	0.9035	0.9244	1.1291	1.1310	1.2668	1.1960	0.8634
29	ICA	0.8952	0.8816	1.0171	1.0174	1.1066	1.1329	0.9323
30	ILAVE	1.0094	0.9590	0.9766	1.0121	1.1366	1.1846	0.9693
31	ILO	0.8298	0.8229	1.0127	1.0787	1.0722	1.1206	1.1008
32	JAHUAY - CHINCHA	0.8933	0.8732	1.0316	0.9076	1.1200	1.1826	0.9369
33	LOMA LARGA BAJA	1.0542	1.2728	1.3705	1.2397	1.1376	1.0325	0.8263
34	LUNAHUANA	1.0078	1.0300	1.0448	0.9515	1.0102	1.1445	0.8265
35	MACUSANI	1.0451	1.0018	1.0480	1.0861	1.1085	1.1300	0.9928
36	MARCONA	0.9682	0.8961	0.9852	1.0088	1.0983	1.0530	1.0341
37	MATARANI	0.4710	0.3895	0.9813	1.5079	1.7155	1.6697	1.6168
38	MENOCUCHO	0.9317	1.0027	1.0511	1.0791	1.0349	1.0573	0.9502
39	MOCCE	1.0278	0.9771	1.0470	1.0650	1.0408	0.9962	0.9898
40	MONTALVO	0.9048	0.8791	1.0475	1.0354	1.0354	1.1059	1.0488
41	MORROPE	0.9513	0.9141	1.0811	1.1244	1.1424	1.1751	0.8926
42	MOYOBAMBA	1.0850	1.0698	1.0813	1.0651	1.0168	0.9738	0.9435
43	NAZCA	0.9661	0.9054	1.0447	1.0579	1.0734	1.0837	0.9221
44	PACANGUILLA	0.9367	0.9280	1.0694	1.0777	1.1095	1.1596	0.9319
45	PACRA	1.0292	1.0010	1.0522	0.9638	1.1074	1.0791	0.8941
46	PAITA	0.8338	0.8399	0.9555	1.0884	1.1366	1.1292	1.0983
47	PAMPA CUELLAR	1.0470	0.8406	1.0891	1.0786	1.1541	1.1507	0.9423
48	PAMPA GALERA	0.9682	1.0250	1.1275	1.1108	1.0497	1.0842	0.8216
49	PAMPAMARCA	0.9676	0.9879	1.0838	1.0298	1.1090	1.0882	0.8872
50	PATAHUASI	1.0587	0.9424	1.1593	1.0874	1.1075	1.1136	0.9016
51	PEDRO RUIZ	0.9743	1.0357	1.1043	1.1210	1.1162	1.0422	0.9404
52	PICHIRHUA	1.0429	1.1004	1.1389	1.0572	1.0324	1.0052	0.9096

Fuente: Ficha técnica estándar para carreteras interurbanas - MTC

Anexo 9.

Factor de corrección de vehículos pesados

Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio
		Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC
19	CORCONA	1.1221	1.0894	1.1031	0.9536	0.9648	0.9756
20	CRUCE BAYOVAR	0.9925	0.9617	1.0163	1.0654	1.0473	1.0635
21	CUCULI	0.9544	1.0489	1.1882	1.1610	1.0781	0.9789
22	DESVIO OLMOS	1.0670	1.0554	1.0607	1.0567	1.0520	1.0192
23	DESVIO TALARA	1.0234	0.9763	1.0148	1.0405	1.0343	1.0196
24	EL FISCAL	0.9793	0.9154	1.0173	1.0391	1.0246	1.1024
25	EL PARAISO	1.0139	0.9909	1.0354	1.0501	1.0370	1.0203
26	FORTALEZA	1.0095	0.9646	1.0035	1.0378	1.0432	1.0527
27	HUACRAPUQUIO	0.8680	0.9011	0.8423	0.7848	1.1603	1.0254
28	HUARMEY	1.0626	1.0429	1.1171	1.1586	1.1478	1.0300
29	ICA	0.9862	0.9844	1.0316	1.0471	1.0536	1.0587
30	ILAVE	1.0287	0.9435	0.9580	1.0108	1.0332	1.0505
31	ILO	1.0669	1.0457	1.0755	0.9887	1.0028	1.0483
32	JAHUAY - CHINCHA	1.0249	0.9973	1.0339	1.0479	1.0542	1.0382
33	LOMA LARGA BAJA	0.9984	1.0881	1.2082	1.2064	1.1264	1.0819
34	LUNAHUANA	1.1157	1.0802	1.0493	1.0496	0.9891	1.0416
35	MACUSANI	1.0472	1.0557	1.0808	1.0272	1.1020	1.0260
36	MARCONA	1.0211	0.9817	0.9389	1.0037	1.1061	1.0323
37	MATARANI	0.9769	0.8851	1.0520	1.0660	1.0756	1.0200
38	MENOCUCHO	1.0902	1.0710	1.1233	1.0356	0.9978	0.9628
39	MOCCE	0.9589	0.9880	1.0560	1.1377	1.0767	0.9655
40	MONTALVO	0.9749	0.9489	1.0168	1.0360	1.0138	1.0964
41	MORROPE	0.9853	0.9582	1.0108	1.0690	1.0412	1.0481
42	MOYOBAMBA	1.0394	1.0126	1.0017	1.0501	1.0243	0.9980
43	NAZCA	1.0512	1.0102	1.0291	1.0329	1.0337	1.0279
44	PACANGUILLA	0.9774	0.9487	1.0090	1.0641	1.0495	1.0596
45	PACRA	1.0868	1.0277	1.0319	1.0367	1.0279	0.9996
46	PAITA	1.0781	1.0144	1.0791	1.1787	1.1043	1.0823
47	PAMPA CUELLAR	1.1278	1.1060	1.0743	1.0196	1.1381	1.0914
48	PAMPA GALERA	1.0903	1.0946	1.0837	1.0554	1.0345	1.0078
49	PAMPAMARCA	1.0692	1.0541	1.0691	1.0606	1.0664	1.0201
50	PATAHUASI	1.0842	1.0620	1.0935	1.0743	1.0716	1.0642
51	PEDRO RUIZ	1.0395	1.0270	1.0141	1.0435	1.0091	0.9897
52	PICHIRHUA	1.0749	1.0717	1.0921	1.0739	1.0482	1.0267
53	PIURA SULLANA	1.0777	1.0635	1.1221	1.0607	1.0386	1.0120

Fuente: Ficha técnica estándar para carreteras interurbanas – MTC

Anexo 10.

Factor direccional y factor carril.

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado Fd x Fc para carril de diseño
1 calzada (para IMDa total de la calzada)	1 sentido	1	1.00	1.00	1.00
	1 sentido	2	1.00	0.80	0.80
	1 sentido	3	1.00	0.60	0.60
	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
2 calzadas con separador central (para IMDa total de las dos calzadas)	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	3	0.50	0.60	0.30
	2 sentidos	4	0.50	0.50	0.25

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.

Anexo 11.

Cálculo del factor camión.

FACTORES DE EQUIVALENCIA							
vehículos	E1	E2	E3	Ejes Equivalentes			Fvp.
Auto	1	1		0.0005	0.000527		0.00105
Pickup	1	1		0.0005	0.000527		0.00105
combi	1	1		0.0005	0.000527		0.00105
micro	3.4	3.4		0.0704	0.07		0.14
Bus E2	7	15		1.2654	1.05		2.32
Bus E3	7	15		1.2654	1.05		2.32
Camión 2E	7	10		1.2654	2.21		3.48
Camión 3E	7	16		1.2654	1.26		2.53
semi trayler 2S1 /2S2	7	16	23	1.2654	1.26	1.24	3.76

Fuente: elaboración propia

Anexo 12.

Tasa de crecimiento de vehículos livianos.

Tasa de Crecimiento de Vehículos Livianos	
	TC
Amazonas	0.62%
Ancash	0.59%
Apurímac	0.59%
Arequipa.	1.07%
Ayacucho	1.18%
Cajamarca.	0.57%
Callao	1.56%
Cusco.	0.75%
Huancavelica.	0.83%
Huánuco.	0.91%
Ica.	1.15%
Junín.	0.77%
La Libertad	1.26%
Lambayeque.	0.97%
Lima Provincia	1.45%

Fuente: Ficha técnica estándar para carreteras interurbanas – MTC

Anexo 13.
Tasa de crecimiento de vehículos pesados.

Tasa de Crecimiento de Vehículos Pesados	
	PBI
Amazonas	3.42%
Ancash	1.05%
Apurímac	6.65%
Arequipa.	3.37%
Ayacucho	3.60%
Cajamarca.	1.29%
Cusco.	4.43%
Huancavelica.	2.33%
Huánuco.	3.85%
Ica.	3.54%
Junín.	3.90%
La Libertad	2.83%
Lambayeque.	3.45%
Callao	3.41%

Fuente: Ficha técnica estándar para carreteras interurbanas – MTC

Anexo 14.
Nivel de confiabilidad

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,000	150,000	65%
	TP1	150,001	300,000	70%
	TP2	300,001	500,000	75%
	TP3	500,001	750,000	80%
	TP4	750 001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	85%
	TP6	1,500,001	3,000,000	85%
	TP7	3,000,001	5,000,000	85%
	TP8	5,000,001	7,500,000	90%
	TP9	7,500,001	10'000,000	90%
	TP10	10'000,001	12'500,000	90%
	TP11	12'500,001	15'000,000	90%
	TP12	15'000,001	20'000,000	95%
	TP13	20'000,001	25'000,000	95%
	TP14	25'000,001	30'000,000	95%
	TP15		>30'000,000	95%

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

Anexo 15.
Desviación estándar Normal.

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

Fuente: *Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos.*

Anexo 16.
Coeficiente estructural de las capas del pavimento.

COMPONENTE DEL PAVIMENTO	COEFICIENTE	VALOR COEFICIENTE ESTRUCTURAL a_i (cm)	OBSERVACIÓN
CAPA SUPERFICIAL			
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68 °F)	a_1	0.170 / cm	Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico. Este ES un valor Maximo y de utilizarse como tal, El expediente de ingeniería debe ser explícito en cuanto a pautas de cumplimiento obligatorio como realizar : - Un control de calidad riguroso - Indicar un valor de Estabilidad Marshal, superior a 1000 kf-f - Alertar sobre la susceptibilidad al fisuramiento térmico y por fatiga (AASHTO 1993)
Carpeta Asfáltica en Frio, mezcla asfáltica con emulsión.	a_1	0.125 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 1'000,000 EE
Micropavimento 25 mm	a_1	0.130 / cm	Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 1'000,000 EE
Tratamiento Superficial Bicapa.	a_1	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 500,000 EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en vías con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (slurry seal) de 12 mm.	a_1	(*)	Capa Superficial recomendada para Tráfico \leq 500,000 EE No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
(*) no se considerapor no tener aporte estructural			
BASE			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico \leq 10'000,000 EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a_2	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para Tráfico $>$ 10'000,000 EE
Base Granular Tratada con Asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a_{2a}	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 días = 35 kg/cm ²)	a_{2b}	0.070 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
Base Granular Tratada con Cal (resistencia a la compresión 7 días = 12 kg/cm ²)	a_{2c}	0.080 cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Tráfico
SUBBASE			
Subbase Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS	a_3	0.047 / cm	Capa de Subbase recomendada con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de Tráfico

Fuente: *Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*

Anexo 17.
Coeficiente de drenaje.

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN.			
	MENOR QUE 1%	1% - 5%	5% - 25%	MAYOR QUE 25%
Excelente	1.40 – 1.35	1.35 - 1.30	1.30 – 1.20	1.20
Bueno	1.35 – 1.25	1.25 – 1.15	1.15 – 1.00	1.00
Regular	1.25 – 1.15	1.15 – 1.05	1.00 – 0.80	0.80
Insuficiente	1.15 – 1.05	1.05 – 0.80	0.80 – 0.60	0.60
Muy Insuficiente	1.05 – 0.95	0.95 – 0.75	0.75 – 0.40	0.40

Fuente: *Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*

Anexo 18.
Factor camión de pavimento rígido

FACTORES DE EQUIVALENCIA							
vehículos	E1	E2	E3	Ejes Equivalentes			Fvp.
Auto	1	1		0.0004	0.000436		0.0009
Pickup	1	1		0.0004	0.000436		0.0009
combi	1	1		0.0004	0.000436		0.0009
micro	3.4	3.4		0.0659	0.066		0.13
Bus E2	7	15		1.273	1.80		3.07
Bus E3	7	15		1.273	1.80		3.07
Camión 2E	7	10		1.273	2.26		3.53
Camión 3E	7	16		1.273	2.13		3.41
semi trayler 2S1 /2S2	7	16	23	1.273	2.13	3.07	6.47

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 19.
Compresión del concreto

RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RESISTENCIA MÍNIMA A LA FLEXOTRACCIÓN DEL CONCRETO (Mr)	RESISTENCIA MÍNIMA EQUIVALENTE A LA COMPRESIÓN DEL CONCRETO (F'c)
≤ 5'000,000 EE	40 kg/cm ²	280 kg/cm ²
> 5'000,000 EE ≤ 15'000,000 EE	42 kg/cm ²	300 kg/cm ²
> 15'000,000 EE	45 kg/cm ²	350 kg/cm ²

Fuente: Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos

Anexo 20.

Volumen de tráfico – lunes 11/04/2022.

VOLUMEN DE TRÁFICO PROMEDIO DIARIO																					
Tramo		AV PROLONGACION 1												Ubicación		Km 00+000 - Km 01+350					
Cod. Estación		E - 1												Sentido		AV PROLONG 1 (Entrada)					
Estación		AV PROLONG 1												Día		lunes	Fecha	11/04/2022			
Hora	Auto móvil	Camio neta	Cmta Rural	Micro	Ómnibus			Camión			Semitraylers				Traylers				TOTAL	PORC. %	
					2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
05-06	9	2	2	3	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	18	6.74
06-07	5	5	2	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	7.49
07-08	6	1	4	6	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	20	7.49
08-09	5	7	0	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	6.74
09-10	3	3	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.75
10-11	12	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	6.74
11-12	4	2	2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.75
12-13	9	4	1	0	1	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	18	6.74
13-14	3	2	2	2	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4.87
14-15	5	6	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5.62
15-16	7	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.75
16-17	10	7	2	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	10.86
17-18	4	2	2	3	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4.87
18-19	11	2	3	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	8.61
19-20	6	1	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.75
20-21	8	5	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	6.37
21-22	3	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1.87
TOTAL	110	55	26	42	12	1	11	7	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	267	100.00
%	41.20	20.60	9.74	15.73	4.49	0.37	4.12	2.62	0.00	1.12	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	267

Fuente: elaboración propia.

Anexo 21.

Volumen de tráfico – martes 12/04/2022.

VOLUMEN DE TRÁFICO PROMEDIO DIARIO																					
Tramo		AV PROLONGACION 1												Ubicación		Km 00+000 - Km 01+350					
Cod. Estación		E - 1												Sentido		AV PROLONG 1 (Entrada)					
Estación		AV PROLONG 1												Día		martes	Fecha	12/04/2022			
Hora	Auto móvil	Camio neta	Cmta Rural	Micro	Ómnibus			Camión			Semitraylers				Traylers				TOTAL	PORC. %	
					2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
05-06	6	2	3	3	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	5.82
06-07	9	5	5	6	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	9.59
07-08	7	1	3	15	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	9.93
08-09	10	8	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	22	7.53
09-10	7	4	2	1	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	6.16
10-11	5	0	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3.08
11-12	6	6	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	6.16
12-13	9	5	3	3	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	7.88
13-14	4	2	4	2	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5.14
14-15	3	6	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.42
15-16	2	3	0	6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4.45
16-17	13	7	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	8.56
17-18	12	2	3	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	6.85
18-19	9	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4.45
19-20	7	1	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	3.77
20-21	4	2	0	2	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	3.77
21-22	6	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.42
TOTAL	119	55	27	48	18	2	15	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	292	100.00
%	40.75	18.84	9.25	16.44	6.16	0.68	5.14	2.40	0.00	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	292

Fuente: elaboración propia.

Anexo 22.
. Volumen de tráfico – miércoles 13/04/2022.

VOLUMEN DE TRÁFICO PROMEDIO DIARIO																					
Tramo		AV PROLONGACION 1														Ubicación		Km 00+000 - Km 01+350			
Cod. Estación		E - 1														Sentido		AV PROLONG 1 (Entrada)			
Estación		AV PROLONG 1														Día		Fecha		13/04/2022	
Hora	Auto móvil	Camio neta	Cmta Rural	Micro	Ómnibus			Camión			Semitraylers				Traylers				TOTAL	PORC. %	
					2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
05-06	6	3	3	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	6.41	
06-07	9	5	5	6	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	9.96	
07-08	6	1	3	15	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	10.68	
08-09	3	9	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5.34	
09-10	13	4	2	1	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	8.19	
10-11	4	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2.85	
11-12	7	2	0	6	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	5.69	
12-13	6	5	3	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	5.69	
13-14	6	2	4	3	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	6.76	
14-15	1	6	0	4	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4.98	
15-16	3	4	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	3.20	
16-17	10	8	2	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	8.90	
17-18	11	2	3	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	6.41	
18-19	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	4.27	
19-20	4	1	0	3	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	4.27	
20-21	3	2	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2.85	
21-22	6	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.56	
TOTAL	109	55	27	48	18	0	17	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	281	100.00	
%	38.79	19.57	9.61	17.08	6.41	0.00	6.05	2.49	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	281	

Fuente: elaboración propia.

Anexo 23.
Volumen de tráfico – jueves 14/04/2022.

VOLUMEN DE TRÁFICO PROMEDIO DIARIO																					
Tramo		AV PROLONGACION 1														Ubicación		Km 00+000 - Km 01+350			
Cod. Estación		E - 1														Sentido		AV PROLONG 1 (Entrada)			
Estación		AV PROLONG 1														Día		Fecha		14/04/2022	
Hora	Auto móvil	Camio neta	Cmta Rural	Micro	Ómnibus			Camión			Semitraylers				Traylers				TOTAL	PORC. %	
					2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3			
05-06	6	2	3	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	6.09	
06-07	10	5	5	6	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	10.39	
07-08	6	2	3	15	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	29	10.39	
08-09	9	7	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	20	7.17	
09-10	6	5	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5.38	
10-11	4	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2.87	
11-12	8	3	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	6.09	
12-13	6	5	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5.38	
13-14	4	2	4	3	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	5.73	
14-15	2	6	2	2	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5.38	
15-16	3	5	1	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4.66	
16-17	10	8	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	8.24	
17-18	13	2	3	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	7.17	
18-19	11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	4.30	
19-20	9	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4.66	
20-21	3	1	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2.51	
21-22	6	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.58	
TOTAL	116	55	33	39	13	1	13	7	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	279	100.00	
%	41.58	19.71	11.83	13.98	4.66	0.36	4.66	2.51	0.00	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	279	

Fuente: elaboración propia.

Anexo 24.
Volumen de tráfico – viernes 15/04/2022.

VOLUMEN DE TRÁFICO PROMEDIO DIARIO																				
Tramo		AV PROLONGACION 1							Ubicación		Km 00+000 - Km 01+350									
Cod. Estación		E - 1							Sentido		AV PROLONG 1 (Entrada)									
Estación		AV PROLONG 1							Día		Viernes		Fecha		15/04/2022					
Hora	Auto móvil	Camión neta	Cmta Rural	Micro	Omnibus			Camión			Semiraylers				Traylers				TOTAL	PORC. %
					2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
05-06	7	2	3	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	5.59
06-07	9	5	5	6	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	8.70
07-08	6	1	4	15	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	9.32
08-09	10	7	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	20	6.21
09-10	8	4	2	3	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	6.52
10-11	4	9	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	5.59
11-12	7	3	2	7	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	6.52
12-13	8	5	3	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	5.59
13-14	4	3	4	3	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	5.59
14-15	6	6	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	4.97
15-16	3	4	0	2	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	4.35
16-17	10	8	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	6.83
17-18	11	2	3	3	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	6.83
18-19	15	3	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	7.45
19-20	4	1	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	2.80
20-21	4	2	0	2	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4.04
21-22	6	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3.11
TOTAL	122	65	36	52	13	0	26	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	322	100.00	
%	37.89	20.19	11.18	16.15	4.04	0.00	8.07	2.17	0.00	0.31	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	322	

Fuente: elaboración propia.

Anexo 25.
Volumen de tráfico – sábado 16/04/2022.

VOLUMEN DE TRÁFICO PROMEDIO DIARIO																				
Tramo		AV PROLONGACION 1							Ubicación		Km 00+000 - Km 01+350									
Cod. Estación		E - 1							Sentido		AV PROLONG 1 (Entrada)									
Estación		AV PROLONG 1							Día		Sabado		Fecha		16/04/2022					
Hora	Auto móvil	Camión neta	Cmta Rural	Micro	Omnibus			Camión			Semiraylers				Traylers				TOTAL	PORC. %
					2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
05-06	6	2	3	3	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	17	6.25
06-07	6	5	3	6	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	8.09
07-08	3	1	5	6	1	0	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	21	7.72
08-09	5	7	1	6	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	7.72
09-10	2	4	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	4.04
10-11	5	5	0	1	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	5.15
11-12	3	2	3	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11	4.04
12-13	2	5	4	3	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	5.88
13-14	2	2	3	0	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	4.41
14-15	1	3	2	2	1	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	4.41
15-16	3	4	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	11	4.04
16-17	5	8	2	9	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	25	9.19
17-18	5	2	2	3	2	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	5.88
18-19	5	1	3	15	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	10.29
19-20	6	1	0	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	4.41
20-21	6	3	2	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5.51
21-22	4	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	2.94
TOTAL	69	55	37	57	19	2	23	7	0	3	0	0	0	0	0	0	0	272	100.00	
%	25.37	20.22	13.60	20.96	6.99	0.74	8.46	2.57	0.00	1.10	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	272	

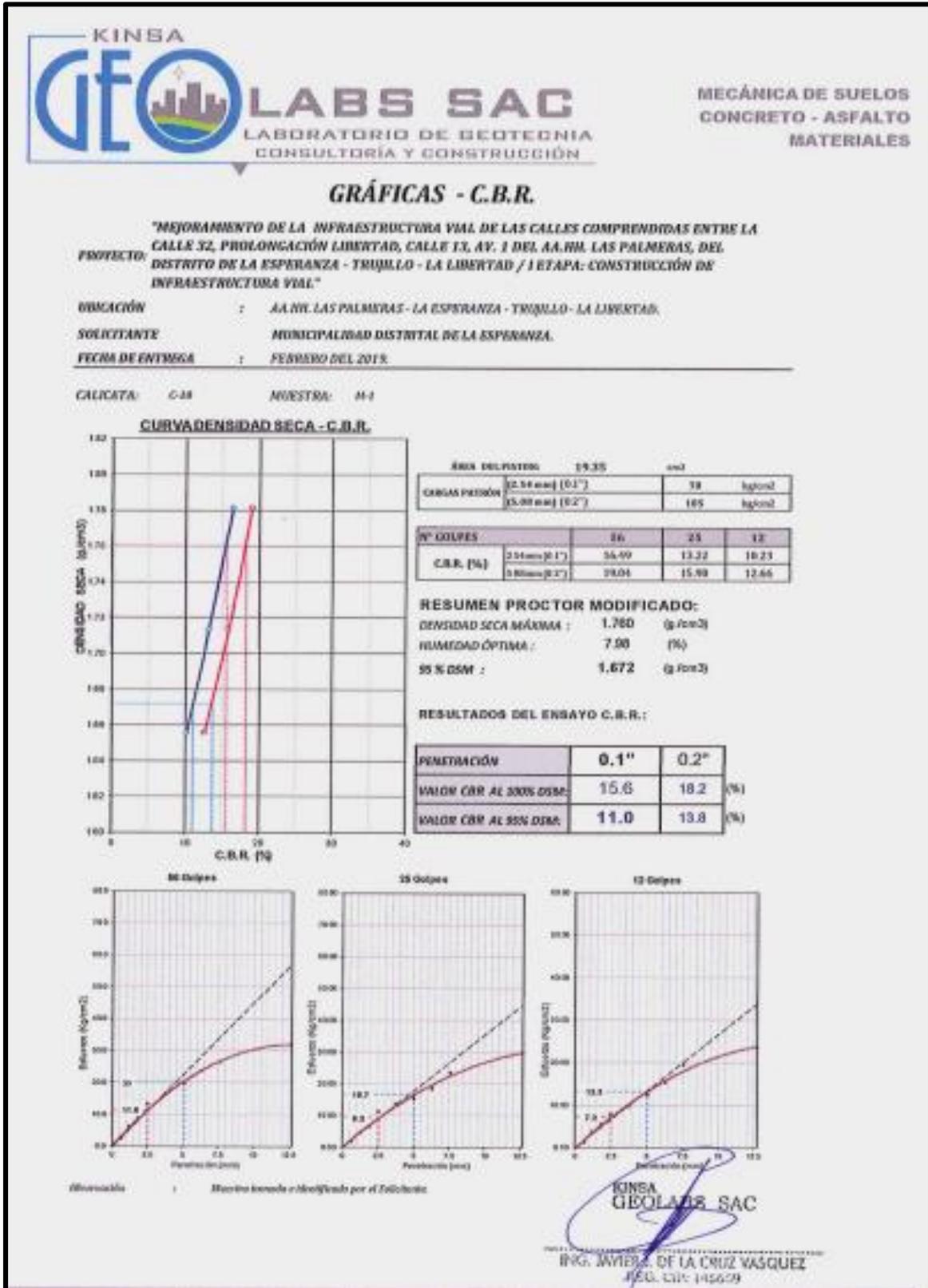
Fuente: elaboración propia.

Anexo 26.
Volumen de tráfico – domingo 17/04/2022.

VOLUMEN DE TRÁFICO PROMEDIO DIARIO																								
Tramo		AV PROLONGACION 1															Ubicación		Km 00+000 - Km 01+350					
Cod. Estación		E - 1															Sentido		AV PROLONG 1 (Entrada)					
Estación		AV PROLONG 1															Día		Sabado		Fecha		17/04/2022	
Hora	Auto móvil	Camio neta	Cmta Rural	Micro	Omnibus		Camión			Semitraylers			Traylers				TOTAL	PORC. %						
					2E	3E	2E	3E	4E	2S2	2S3	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2			>=3T3					
05-06	6	2	3	3	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	5.35				
06-07	6	5	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	5.69				
07-08	4	1	5	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5.02				
08-09	8	7	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	6.69				
09-10	4	4	1	5	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	5.69				
10-11	5	5	0	4	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	5.35				
11-12	7	2	3	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	6.35				
12-13	5	5	3	6	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	7.02				
13-14	4	2	2	4	2	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	5.69				
14-15	6	6	2	4	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21	7.02				
15-16	3	4	1	4	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5.02				
16-17	9	4	2	4	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	7.69				
17-18	12	2	2	3	1	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24	8.03				
18-19	8	1	3	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	6.02				
19-20	7	1	0	4	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	5.02				
20-21	4	4	0	2	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	4.35				
21-22	8	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12	4.01				
TOTAL	106	55	29	63	16	0	23	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	299	100.00				
%	35.45	18.39	9.70	21.07	5.35	0.00	7.69	2.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00	299				

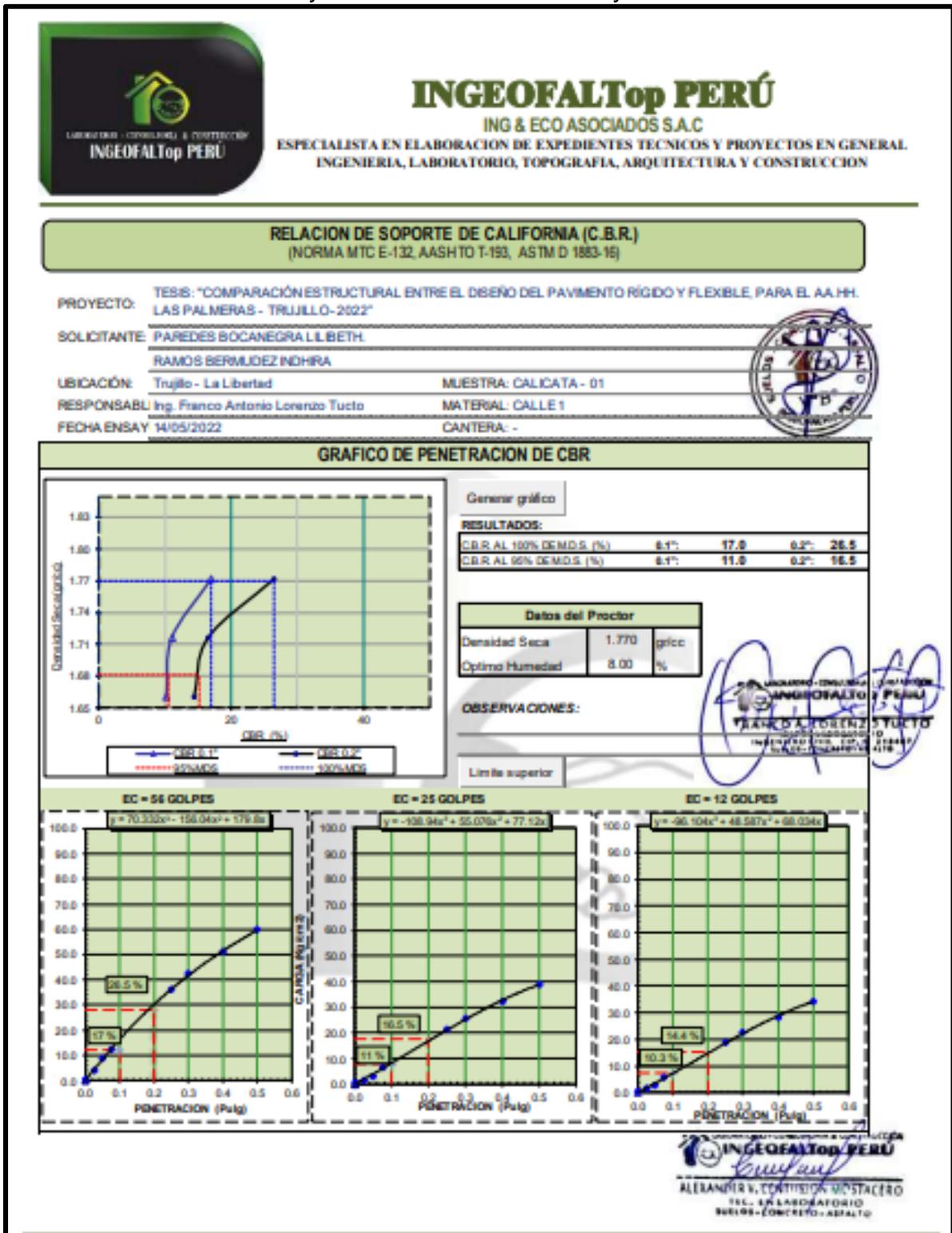
Fuente: elaboración propia.

Anexo 27.
Ensayos de Proctor modificado y CBR.



Elaboración: expediente técnico municipalidad la esperanza

Anexo 28.
Ensayos de Proctor modificado y CBR.



Elaboración: estudio de suelos en ingeofaltop Perú