



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Estudio comparativo entre pavimento rígido y pavimento flexible, en el tramo Cambio Puente - Chimbote – 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Chávez Morán, Oscar Alberto (ORCID: 0000-0002-0823-339X)

Rondan Morales, Marko Antonio (ORCID:0000-0001-7060-2443)

**ASESOR:**

Mgtr. Pedro Emilio, Monja Ruiz (ORCID: 0000-0002-4275-763X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

CHIMBOTE – PERÚ

2021

## Dedicatoria

En primer lugar, dos gracias a Dios por permitirme haber llegado hasta esta etapa, por permitir tener tan buena experiencia dentro de mi Universidad. Y bendecirme todos los días.

A mis padres y esposa, porque ellos han dado razón a mi vida y me encuentro agradecida por tanto amor, dedicación, consejos, y sobre todo apoyo incondicional y paciencia para cada paso que doy. Todo lo que hoy soy es gracias a ustedes.

A mis Maestros.

Dedico esta tesis a cada uno de ustedes que hizo parte de este proceso integral de formación, que deja como producto terminado este grupo de graduados, y como recuerdo y prueba viviente en la historia, esta tesis, que perdurara dentro de los conocimientos y desarrollo de las demás generaciones que están por llegar.

Oscar Alberto Chávez Moran

## Agradecimiento

A Dios, por permitirme la vida y la salud de todos los días.

A mis padres por su condicional apoyo y amor.

A los Docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, por su labor de enseñanza y por haber contribuido al desarrollo de mis competencias laborales y profesionales.

A mi profesor Mg. Randall Manolo Gutiérrez Chilca, por sus sabias enseñanzas y por su asesoría durante toda la planificación y desarrollo del presente trabajo de investigación.

Oscar Alberto Chávez Moran.

## Índice de contenidos

Carátula .....	i
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.....	14
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	14
3.2. Variables y operacionalización .....	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos. ....	16
3.5. Procedimientos.....	16
3.6. Métodos de análisis de datos.....	18
3.7. Aspectos éticos.....	19
IV. RESULTADOS .....	20
4.1 Estudio Topográfico .....	20
4.2 Estudio de Mecánica de Suelos.....	24
4.3 Diseño del pavimento flexible Metodología Aashto.....	27
4.4 Diseño del pavimento rígido Metodología Aashto.....	33
4.5 Presupuesto pavimento flexible... ..	36
4.6 Presupuesto pavimento rígido .....	37
V. DISCUSIÓN .....	39
VI. CONCLUSIONES.....	42
VII. RECOMENDACIONES.....	43
REFERENCIAS.....	44

## Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación de suelos (SUCS).....	17
Tabla 2. Puntos de Control estación Total .....	21
Tabla 3. Resultados de conteos de tráfico del MDA .....	23
Tabla 4. Ensayos estándar de muestras obtenidas de las calicatas.....	24
Tabla 5. Resultados de ensayos estándar en muestras obtenidas de as calicatas	25
Tabla 6. Resultados de exploraciones.....	26
Tabla 7. Cargas por eje, ejes equivalentes pavimentos flexibles y semirrígidos...	27
Tabla 8. Cargas por eje, ejes equivalentes pavimentos flexibles y semirrígidos...	28
Tabla 9. Cargas por eje, ejes equivalentes pavimentos flexibles y semirrígidos....	28
Tabla 10. Características del modelo del pavimento flexible según ASSHTO.....	31
Tabla 11. Cálculo de espesores de las capas.....	31
Tabla 12. Dimensiones de las capas del pavimento flexible.....	32
Tabla 13. Dimensiones de las capas del pavimento flexible.....	32
Tabla 14. Cargas por eje para ejes equivalentes pavimentos rígidos.....	33
Tabla 15. Variables del diseño del pavimento rígido según ASSHTO.....	35
Tabla 16. Espesores del pavimento rígido.....	35
Tabla 17. Análisis comparativo de costos y presupuestos.....	38

## Índice de Figuras

Figura 1. La estructura del pavimento flexible.....	10
Figura 2. La estructura del pavimento rígido .....	11
Figura 3. Símbolos para perfil de calicatas-clasificación AASHTO.....	17
Figura 4. Símbolos de calicatas-clasificación SUCS.....	18
Figura 5. Documentación de puntos BM's.....	20

## Resumen

En este estudio de investigación referido a la comparación técnica-económica entre el pavimento flexible y rígido en el tramo de Cambio Puente hasta Chimbote, con 5 kilómetros de longitud, con la finalidad de determinar el pavimento que más se adecua a las condiciones del tramo en cuestión en una investigación cuantitativa, con diseño descriptivo no experimental, transversal comparativo, cuyo objetivo general fue: realizar el estudio comparativo entre un pavimento rígido y un pavimento flexible para el tramo en cuestión teniéndose en cuenta los diseños para los tipos de pavimento utilizando la metodología de diseño AASHTO 93, considerándose similares condiciones de tránsito, subrasante y periodo de diseño, consecuentemente y después de obtener los espesores en ambos tipos de pavimentos se efectúa la comparación de costos y presupuestos. Por otro lado, en la parte técnica se compara la eficacia y el comportamiento a lo largo de su vida de diseño, Concluyéndose que mediante los estudios topográficos el terreno es plano con una pendiente longitudinal menor al 3%, por lo que no presenta mayores dificultades de trazado, ya que se ubica en la zona urbana costera.

El suelo se ha clasificado según los resultados de laboratorio en grava bien graduada, mezclas de grava y arena limosa, pocos finos (GW-SM), de la misma manera según la clasificación ASSHTO, se clasificaron como A-1-a (0) y A-2-4(0), con un CBR de 27.00% que hace de la subrasante muy buena.

El IMDA fue de 196 veh/día, correspondiendo a una carretera de bajo volumen de tránsito, encontrándose el diseño para el pavimento rígido con un espesor de losa de concreto asfáltico de 2'' capa base y subbase de 6 '' respectivamente, para el estudio económico, el pavimento rígido tiene un presupuesto total de S/ 6,128,937.91 y el pavimento flexible un presupuesto total de S/ 4,092,507.24 por lo que se concluye que el pavimento más adecuado es el flexible por ser más económico en el corto plazo en el tramo Cambio Puente - Chimbote - 2021.

Palabras clave: Pavimento rígido, pavimento flexible, pavimento

## Abstract

In this research study referred to the technical-economic comparison between flexible and rigid pavement in the section from Cambio Puente to Chimbote, with a length of 5 kilometers, in order to determine the pavement that best suits the conditions of the section in question in a quantitative approach research, with a descriptive, non-experimental, cross-sectional comparative design, whose general objective was: to carry out the comparative study between a rigid pavement and a flexible pavement for the section in question, taking into account the designs for the types of pavement Using the AASHTO 93 design methodology, considering similar traffic conditions, subgrade and design period, consequently and after obtaining the thicknesses in both types of pavement, the comparison of costs and budgets is made. On the other hand, in the technical part, the efficiency and behavior throughout its design life are compared, concluding that through topographic studies the terrain is flat with a longitudinal slope of less than 3%, so it does not present major difficulties. of layout, since it is located in the coastal urban area.

The soil has been classified according to the laboratory results in well-graded gravel, gravel and silty sand mixtures, few fines (GW-SM), in the same way according to the ASSHTO classification, they were classified as A-1-a (0) and A-2-4 (0), with a CBR of 27.70% that makes the subgrade very good.

The IMDA was 196 veh / day, corresponding to a road with low traffic volume, finding the design for the rigid pavement with an asphalt concrete slab thickness of 2 " base layer and subbase of 6 " respectively, for the economic study, the rigid pavement has a total budget of S / 6,128,937.91 and the flexible pavement a total budget of S / 4,092,507.24, which is why it is concluded that the most suitable pavement is flexible because it is more economical in the short term in the Cambio section.

Bridge - Chimbote - 2021.

Keywords: Rigid pavement, flexible pavement, pavement

## **I. INTRODUCCIÓN**

La pavimentación es muy importante porque sirve para la conexión de todas las ciudades, como países, ya que sin pavimentos no se podría exportar los productos que va a exportar al exterior de la ciudad o a diferentes ciudades, es por ello que las carreteras bien edificadas aumentan el crecimiento de los países paulatinamente, ya que son el soporte del estado generando ganancias económicas. (Valdés y Alonso, 2017).

Las carreteras asfaltadas se muestran desde un punto de vista al servicio de la ciudadanía en su trayectoria, en muchos procedimientos de deterioros como marcas, rajaduras e incluso hundimiento, dado la necesidad de minimizar los procesos que se utilizan en el proyecto, conservación y ejecución de viabilidad del Ministerio de transporte. En el tramo de Cambio puente hasta Chimbote, carretera de la avenida Buenos Aires, estos problemas están relacionado a los cambios climáticos y el tránsito vehicular.

En la ciudad de Chimbote, se ha visto la manera de mejorar las áreas de transitabilidad, pretendiendo ejecutar procesos para comparar los firmes tanto rígidos como flexibles, para determinar la valoración que ayuden a determinar si ambas cuentan con un mejor funcionamiento y económicamente rentable, estableciendo las carreteras para nuestra localidad, incrementando el servicio y minimizando los costos de restauración.

Considerándose que un camino es un bien social y público, planificada y erigida con la finalidad del desplazamiento de automóviles de poco peso y pesados, las vías son importantes porque sirven de medio, donde se pueden trasladar de un lugar a otro, el boceto y las obras de carreteras demandan de enormes cantidades de capitales en su inversión, por lo que, para construir una infraestructura vial se requieren un análisis debidamente exhaustivo todo con la finalidad de obtener estructuras totalmente viables, económicamente factibles y funcionales.

Planteándose una comparación entre ambos pavimentos dando una conclusión al pavimento del tramo, solucionando los contratiempos del traslado y el periodo de desplazamiento.

Por lo tanto, se formula el siguiente problema: *¿Cuál es el resultado del estudio comparativo entre el pavimento flexible y pavimento rígido en el tramo Cambio Puente - Chimbote - 2021?*

Se Justificó, en forma teórica, porque se da a conocer el nivel comparativo de los pavimentos flexible y rígido, lo que nos ayudará a aplicar teorías familiarizadas con el tema de investigación, permitiendo diferenciar los conceptos. En lo social, sirvió para analizar las características de ambos pavimentos en el recorrido Cambio Puente - Chimbote, solucionando los problemas de la carretera y dándoles una mejor calidad de vida a los ciudadanos. Metodológicamente, sirvió para cumplir con los objetivos de este trabajo, utilizando herramientas de medición para brindarles seguridad para transitar por la vía, haciendo uso de la normativa vigente en vías pavimentadas.

En lo económico, sirvió para poder comparar el pavimento más adecuado a lo largo de la vida útil de cada uno de los firmes diseñados.

Se ha considerado como objetivo principal, determinar el estudio comparativo entre un pavimento rígido y un pavimento flexible para el tramo Cambio Puente - Chimbote - 2021, para ello se consideró los objetivos secundarios siguientes: determinar el análisis de topografía y el estudio de tránsito con la finalidad de obtener el IMDA de diseño y cargas equivalentes, determinar el estudio de mecánica de suelos del tramo en estudio, determinar el diseño para el pavimento rígido y flexible utilizando el método AASHTO-93, realizar una evaluación económica de costos y presupuestos para el pavimento rígido como para el pavimento flexible, establecer el diseño de pavimento más plausible para el sector en estudio. Se propuso la siguiente hipótesis general, el pavimento flexible comparado con el pavimento rígido es el más conveniente, económico y adecuado para mejorar la transitabilidad en el tramo Cambio Puente y Chimbote - 2021.

## II. MARCO TEÓRICO

En sus antecedentes internacionales, sobre firmes flexibles y rígidos, Hurtado, R. (2016). En su estudio para comparar firmes flexibles y rígidos en su utilización de la ruta Cantonal. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Trabajo, cuyo objetivo fue la optimización del tipo de pavimento entre los pavimentos flexibles y pavimentos rígidos, analizando tres formas, una colocando el pavimento sobre la subrasante directamente en estado natural, otra colocando el pavimento sobre subrasante estabilizada y la última conformación sobre el material directo del camino, utilizando el diseño AASHTO-93 para decidir por la mejor alternativa, se obtuvo un MDA de 171 veh/día, ESAL para pavimento flexibles de 181 825 con diseño de 15 años, para los rígidos un ESAL de 276 765, para 20 años, consiguiéndose un espesor de carpeta en asfalto de 1000 mm, en el panorama 1 la base granular tuvo una capa de 3000 mm, en las opciones 2 y 3 una disminución de 500 mm frente al 1; con un espesor de 2500 mm. La depreciación en las capas se debe a la optimización de la portabilidad, mejora del soporte a la resistencia de la subrasante en los panoramas dos y tres. El panorama 3 para el firme flexible es la alternativa más rentable.

En la investigación de Ruiz y Rodríguez (2016). En una conducta técnico-económico con firmes flexible y rígido realizado en Nicaragua, estudio bajo el enfoque AASHTO-93 para ambos diseños de pavimentos, se encontró que el flexible necesita un espesor mayor en las capas inferiores a la plataforma de rodadura, a pesar de esto los costos en el proceso constructivo de inicio son menores que en el pavimento rígido.

En Estados Unidos, Batouli, Bienvenu y Mostafavi (2017), realizaron, en una muestra de las autopistas de Miami - Dade sobre poner teoría de la sostenibilidad en la práctica del diseño de carreteras: implementación del análisis del costo de tiempo de duración para selección del tipo de asfalto en la toma de decisiones del mundo real, en el que se concluyó que, en el estudio de factibilidad el diseño de pavimento flexible tiene costos de agencia más bajos en comparación con pavimentos rígidos con tasa de descuento inferiores al 4%, para valores de tasa de descuento superiores al 4.5%, conduciendo al pavimento rígido a menores costos del ciclo de vida.

En Estados Unidos, Yang, You, Hiller y Watkins (2017), realizaron, en una muestra de la ciudad de Michigan sobre sensibilidad del diseño de pavimento flexible a las entradas climáticas de Michigan utilizando el diseño ME de pavimento, en el que se concluyó que, mediante el software pavement ME, las condiciones climáticas afectan en los diseños de los pavimentos flexibles, también son beneficiosos para el departamento de transporte de Michigan, ya que buscan mejorar los archivos climáticos existentes en la división de monitoreo y evaluaciones, a través de la evaluación de nuevas fuentes de datos.

Espinoza (2018), en su estudio acerca bajo el enfoque AASHTO-93 y análisis de alternativas para el diseño de firmes rígidos y flexibles, Cuenca-Ecuador, con el fin de elaborar un análisis para comparar las opciones de diseño y costos totales relacionados a firmes flexibles y rígidos, desarrollándose con Matlab para validar y comparar diferentes escenarios de diseños de pavimentos flexibles y rígidos, se hicieron combinaciones para analizar la dispersión de las capas y materiales de cada capa en diferentes periodos de diseño en 15, 20 y 40 años; se concluyó que a espesores mínimos según el ESAL, 40 años de periodo de diseño, materiales de drenaje de óptima calidad y subrasante mejorada. de capas de rodadura se consiguen pavimentos flexibles más económicos. En cambio, para los rígidos se obtuvieron resultados buenos cuando se tienen espesores de base granular de 6.0 a 9.0 pulgadas y periodo de diseño de 15 años.

En Polonia, Skrzypczak, Radwanski y Pytlowany (2018), realizaron, en una muestra de la ciudad de Polonia sobre durabilidad vs técnico: las propiedades de uso de los pavimentos de carreteras, en el que se concluyó que, los pavimentos flexibles son preferibles a los caminos de concreto rígido debido a sus ciertas ventajas, como que pueden fortalecerse y mejorarse en etapas con el crecimiento del tráfico, siendo menos costosos, en el pavimento rígido su durabilidad y capacidad de concreto es menos costoso, requiere menos mantenimiento y tiene una buena vida de diseño.

En nuestro país, Chamby y Chagua (2017) en un proyecto de investigación donde se estudia el proceso para comparar técnica y económica los pavimentos rígido y flexible buscando la mejor alternativa de pavimento en una avenida de Yunguyo. Con el objetivo principal de comparar el estudio técnico-económico de

los pavimentos respectivos, usando las metodologías de diseño anteriormente descritas, reflejó la opción más beneficiosa y eficiente en el ciclo de vida útil y bajo la teoría Costo - Beneficio se concluye el firme flexible es el más conveniente ya que demuestra una mejor ventaja respecto a la metodología racional, permitiendo finalmente conocer que el firme flexible es la opción mejor económicamente y aplicada a la zona de estudio.

Ramírez y Zavaleta (2017) en su investigación: que tuvo como objetivo comparar el modelo de un firme rígido, semirrígido con bloquetas de concreto y flexible utilizando la norma AASHTO 93, concluye que por situaciones económicas el que mejor se ajusta es el pavimento flexible por la zona de estudio, se consiguió un CBR= 49.70 de manera que el suelo es bueno, de terreno llano con pendiente menor al 3%, el modelo del firme flexible obtuvo un grosor granular de 8'' y de plataforma de rodadura de 4'', mientras que el firme rígido una losa de hormigón de 8'' y capa con afirmado de 4'' resultando en un 41% más costoso que el pavimento flexible y un 9% más que el semirrígido.

Yovera (2018), en su trabajo: "Pavimentos flexible, rígido y articulado un análisis comparativo de los Tambogrande - Piura". Concluye que: el CBR de los tramos son diferentes sin embargo se homogenizaron los espesores de los pavimentos obteniéndose diseños similares y con un correcto desempeño en cualquier tramo, si consideramos el costo diremos que el firme flexible es 11.68% más beneficioso económicamente que el firme rígido y lo mismo sucede con el firme articulado quien es 11.85% más económico, de manera que para la opción bajo el criterio económico-técnico el pavimento rígido sería lo aconsejable.

Pérrigo (2018) nos manifiesta en su estudio acerca de firmes en la Selva de San Martín - puerto de Yurimaguas (progresivas 1+ 000 a 2+ 000), con un modelo del firme tanto flexible como rígido utilizando en ambos la metodología AASHTO, determinándose para tal fin una comparación económica entre ambos pavimentos se concluye que: Para flexible un ESAL=12.00E+06 y para rígido de 15.19E+06. Así mismo el material de la subrasante resultó arcilla de mediana plasticidad, levemente húmedo (CL / A-7-5 (4)), con CBR = 6 al 95% de la densidad máxima del ensayo Proctor. Finalmente, de acuerdo a la metodología AASHTO se obtuvo una capa mínima asfáltica de 4''.

Paredes y Mego (2019) en su estudio comparativo de firmes flexible y rígido Tarapoto - San Martín. Con el fin de realizar una comparación entre el lapso utilizado al ejecutar una pavimentación y el precio por metro cuadrado, mediante el método del PCI se llegó a la conclusión que dada la circunstancias económicas y técnicas el pavimento flexible es el recomendado, esto debido al bajo presupuesto de los gobiernos locales, tiempo menor en ejecución de partidas, sin embargo los firmes rígidos duran mucho más, aunque el rígido siempre requiere menor costo en cuanto al mantenimiento durante su vida útil, se obtuvo también un CBR=12%, capacidad portante de mala a regular, teniendo que mejorarse así el terreno de fundación, topografía plana y alienada de esta manera se concluye que el diseño de ambos pavimentos mediante sus espesores se encuentran dentro de los parámetros permisibles.

Gallardo y Pescoran (2019), en su estudio: Análisis comparativo del modelo estructural de los firmes rígido y flexible en Av. Larco - Trujillo, basándose en la metodología AASHTO 93, obteniéndose que las dimensiones de las capas para el flexible fueron de 1000 mm para la carpeta asfáltica, 2000 mm base y 1500 mm subbase, con un presupuesto S/ 1'468,620.67 en cambio 2000 mm para la losa de hormigón y 1500 mm de base para las dimensiones del rígido con un presupuesto aproximado de S/ 2'152,674.75. así determinó que el firme flexible es 31% más barato que el firme rígido.

El estudio de Castillo y Chávez (2019) "Diseño comparativo de pavimento rígido y flexible en el tramo Puente Parco-Utcuyacu, Catac, Ancash, cuyo objetivo principal fue el de determinar el diseño comparativo entre ambos pavimentos mediante la metodología ASSHTO-93. Determinándose que los dos pavimentos son viables y no existe ninguna diferencia entre ellos, para el pavimento rígido se tuvo un IMDA de 105 veh/día, y lograr un modelo de firme con un tiempo de vida útil de 20 años, y ESAL= 281,580TN; en el flexible un ESAL de 275,645TN, terreno con topografía semi-plana y ondulada durante todo el espacio, pavimento rígido plataforma con un  $f'c=280\text{kg/cm}^2$  para vehículos pesados indicados en ejes menores o iguales a 5 millones, reflejó de 18 centímetros con base de 15 centímetros, CBR 80%, compactada al 100% de la MDS; pavimento flexible con un grosor de 500mm de carpeta en asfalto en caliente a 20 °C (68°

F) para una vida útil de 20 años y base de 1500mm, CBR 80%..

Dextre y Castro (2019) en su estudio: Alternativa económica y técnica del firme rígido y flexible un análisis comparativo en el Barrio Emprendedor -Huaraz, resultó un IMDA= 61 veh/día, un ESAL de 303,689.35 para los dos tipos de pavimentos, con pendiente longitudinal de 0.3% por lo que es área casi plana por ser próxima a la ciudad, Se encontró un suelo con un IP=5.89%, con la clasificación SUCS tipo SC-SM y ASSHTO tipo A-2- 4(0), con un CBR al 95% de 32.71%, con un grosor para el asfalto rígido de losa de hormigón de 8 centímetros, subbase granular de 400 mm, en tanto el grosor para firme flexible de carpeta asfáltica es de 500 mm y base granular de 1500 milímetros.

Según Castillo y Castro (2020) en su estudio para comparar costos entre un firme flexible y un rígido con el fin de mejorar la vía vecinal Yapato -Tajamar-Pampa de Loro Sechura - Piura. Diseñando ambos pavimentos según la metodología AASHTO, se concluye que el pavimento flexible posee una diferencia económica de S/. 771,756.80 como costo inicial de ejecución menor al pavimento rígido, puesto que el suelo fue clasificado como arena limosa se trabajó con un CBR promedio de 28.17%, con ESAL para el rígido de 98100, y para el flexible de 48500, donde el gran número de vehículos que circulan son motocars con un IMDA de 30%, por tramos con topografía plana y en otros con ondulada de pendiente 13%.

En función a la investigación es necesario prestar especial atención a los detalles teóricos tales como: De acuerdo al Manual de carreteras: MTC/14.) Define al pavimento como una combinación de varias capas, conformada por lo general por la superficie de rodadura considerada como parte externa de un firme, cuyo rol es técnicc mantener directamente el tránsito y puede ser de concreto de cemento Portland (rígido), tipo bituminoso (flexible) o de adoquines, la base cuya función es sostener distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, es la capa inferior a la de rodadura y la subbase que posee un grosor de diseño que resiste a la base y a la carpeta.

Los tipos de pavimentos incluidos en el Manual de carreteras MTC/14 son: Pavimentos flexibles, estructura conformada por una membrana de rodadura formada por materiales bituminosos y base de material granular, el pavimento

semirrígido está compuesto por capas asfálticas y un espesor bituminoso y el pavimento rígido compuesta por una base granular pudiendo ser estabilizada con cemento, cal o asfalto, la metodología empleada para el diseño de un firme flexible está el diseño sugerido según norma AASHTO, cuyo principal objetivo es establecer las diferentes magnitudes de las capas de pavimento disimiles con la finalidad de cumplir las metas del modelo. de la superficie D1, base D2 y subbase D3. Presumiendo que se necesita tres capas. El procedimiento de diseño se efectúa, calculando el tráfico para la Fase de Diseño (W18), determinando la confiabilidad R y la dispersión estándar total  $S_o$ , estableciendo el módulo de resiliencia efectivo de la subrasante  $M_r$ , Determinando la disminución de serviciabilidad de diseño, conseguir el número estructural SN y determinar los grosores que cumplan SN, los factores o datos de ingreso para el procedimiento de diseño en un pavimento flexible son: Componentes para estimar el tráfico, son la data concurrente con el tráfico que a menudo parece ser el modelo es dependiente en su mayoría del tamaño del estudio, entre ellos tenemos: periodo de diseño que consiste en diseñar un pavimento para que en cualquier periodo de tiempo soporte el resultado acumulativo del tránsito. El periodo de diseño que es aquel que es seleccionado en años al final de este periodo puede requerirse trabajos de rehabilitación para el pavimento, para restituirle a la vía un buen rendimiento de transitabilidad, el IMD que es la cantidad media vehicular que transitan por un lugar puntual en un determinado lapso temporal.

Según el análisis para la medición de la capacidad volumétrica, se considera al IMDA, IMDM o IMDS, razón de aumento; se considera en función a las predicciones de incremento económico-poblacional en la zona de influencia intervenida en la vía, incremento del tráfico y modificación en el modelo de vehículo que circula por la vía, factor de aumento, forma de proyectar el factor de aumento es el de aceptar un cálculo por año de crecimiento de tráfico y utilizar una medida al iniciar y finalizar cada intervalo de modelo así en el tráfico de diseño, factor de distribución direccional, factor de distribución carril, factor camión (F.C) determinado por la cantidad de iteraciones de ejes similares ESAL (80 kN) que se aplica al pasar un vehículo pesado, este se establece a partir de la distribución de las cargas por eje de un específico tipo de vehículo, luego se

calcula el factor de daño o factor equivalente de carga de cada uno y luego se calcula el valor medio, factor de eje equivalente útil para conocer el efecto adverso en un firme flexible, de las cargas desiguales a un eje estándar, se han calculado factores de equivalencia de carga por eje, EALF. Las conclusiones efectuadas precisaron que la paridad entre fuerzas disímiles enviadas al firme por un similar conjunto de ejes y ruedas, se considera como estimación del factor de ESAL en firmes flexibles de acuerdo a la metodología AASHTO 93 el factor de eje equivalente resuelta por el método de tanteo, a partir de un valor primordial de SN luego se estima el ESAL y el SN requerido, con ese valor se vuelve a ingresar a la ecuación hasta que SN de diseño con el supuesto sean similares, a lo cual se llega muy rápido ya sea en 3 o 4 simulaciones.

Otro termino muy utilizado también es el Tráfico de diseño que es método muy utilizado, cuya abreviatura es ESAL, el grado de confiabilidad (R) que consiste en la posibilidad que posee un pavimento en cuanto a su duración bajo los términos del diseño, sin fallar, desviación estándar ponderada (So), es el valor que toma en cuenta cual es la variabilidad esperada del pronóstico de tránsito y de los demás factores que modifican la conducta del pavimento, coeficiente de desviación estándar normalizado (Zr) el cual debe ser modificado en términos de la desviación estándar normal, módulo resiliente efectivo, determinado como la suma de esfuerzos temporales aplicados sobre la deformación retornable de la muestra después de varios ciclos de cargas repetidas, por lo que es una medida directa de la rigidez de los materiales no afianzados dentro de los sistemas de pavimentos, la serviciabilidad o índice de serviciabilidad (PSI) constituye la comodidad de tránsito que la vía brinda al usufructuario, comprendido entre 0 a 5, el coeficiente estructural de capa es una extensión de la capacidad relativa de una unidad de espesor de un determinado material para desempeñar como un elemento estructural del pavimento, tres coeficientes de capa estructural (a1, a2 y a3) son necesarios para la superficie, base y subbase, correspondientemente, así mismo el número estructural (SN) es un valor índice que armoniza espesores de las membranas, la capa de coeficientes estructurales y los coeficientes de drenaje. El SN se computa con la siguiente ecuación: (MTC, 2014, p. 43).

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

(1)

W18 = Número estimado de ejes simples equivalentes de 8.2 toneladas.

ZR = Desviación Estándar Normal.

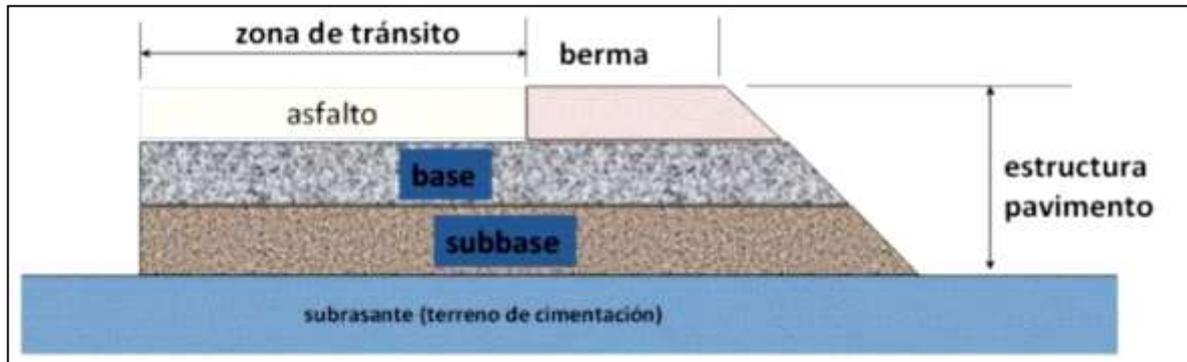
So = Error estándar combinado predicción de tránsito y del comportamiento.

PSI = Diferencia entre el índice de servicio inicial (po) y la serviciabilidad final (pt).

MR = Módulo Resiliente.

SN = número estructural.

**Figura 1:** Corte de un pavimento flexible



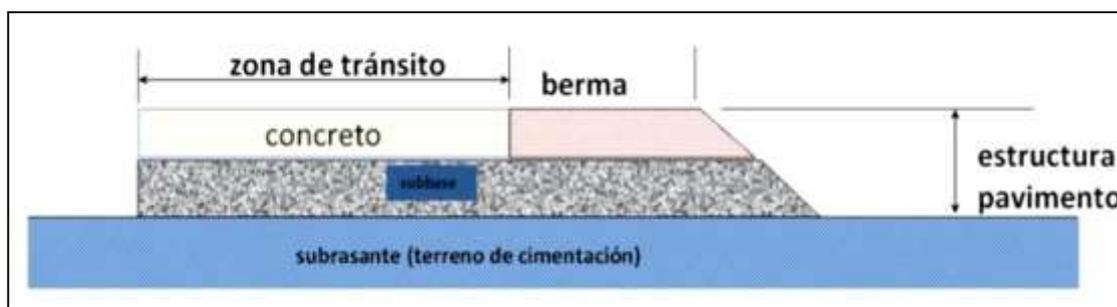
**Fuente:** Becerra Salas, Mario (Tópico de pavimento de Concreto)

El firme rígido, está fabricado de un material granular y cemento hidratado. Tiene una base de rodadura de concreto con espesor de 4 a 7 pulgadas.

Su función principal radica en remitir fuerzas del tránsito vehicular a las zonas que se encuentra en la parte inferior de la base, su estructura está formada por una base y subrasante.

Rodríguez y Rodríguez, C. (2004, p17). Consideran como una capa de concreto hidráulico, pudiendo ser de concreto armado o simple, teniendo un valor mas elevado que el firme flexible, con tiempo de vida útil entre 20 a 40 años, se considera que sus mantenimientos son mínimos y se realizan sólo en las juntas.

Figura 2: Corte de pavimento Rígido



**Fuente:** Becerra Salas, Mario (Tópico de pavimento de Concreto)

El pavimento rígido es aquel que la capa de hormigón es de cemento Portland, principal componente estructural, aliviando tensiones en membranas subterráneas a través de su excelsa capacidad portante a la deformación por flexión, a consecuencia de tensiones y deformaciones de arrastre, las juntas determinan la dimensión de las losas del asfalto y permiten controlar la formación de fisuras intermedias, tanto a edad prematura como a servicio. Los filtros son varas lisas de acero empleadas en las uniones transversales para traspasar fuerzas, teniendo en cuenta no perjudicar el movimiento horizontal de la plataforma y las barras de unión que se sitúan en las uniones longitudinales sirven para sostener ancladas las mismas garantizando así una transferencia de carga uniforme (MTC, 2016).

Santiago (2016), las capas de un pavimento de cemento son numerosas planchas repartidas desde la subrasante hasta la carpeta de rodadura, los elementos de las capas van aumentando a medida que se acercan a la carpeta de rodadura. El proceso AASHTO para Diseño de asfaltos, está apoyado en ecuaciones de regresión, realizadas mediante el estudio de los procesos obtenidos de la conducta de la estructura de asfalto de grosor, sujetos a cargas conocidas y en consecuencia de la naturaleza. (p. 43).

Subrasante es el terreno de base de asfalto, siendo terreno natural, correctamente perfilado y compactado, sub base es el recubrimiento sujeta arriba de la base, combinada con elementos granulares de buen progreso, siendo precisas y se compacta entre el 95% y 100% de su mayor consistencia, base para asfalto de cemento en ese caso se compone por el recubrimiento

intermedio entre la plataforma de rodadura y la sub-base, se emplea elementos granulares con superior progresión y la carpeta de rodadura, compuesta de una combinación de hormigón hidráulico y Juntas transversal y longitudinalmente. (MTC, 2018, p. 12)

Entre sus dimensiones se encuentran: La condición del pavimento, es la inspección de todos los pavimentos, para condicionar la cantidad de elementos requeridos para que se desarrolle un acercamiento razonable del (Programa de cooperación internacional) PCI. (Eve, 2016).

Entre sus indicadores se encuentran, vida útil y el nivel de tránsito, el periodo de diseño, es el tiempo que se procederá a definir los parámetros de entrada que permitan iniciar procesos de diseño, para luego mediante metodologías largamente conocidas como guía AASHTO e Instituto de asfalto, calcular la estructura final del pavimento. (MTC, 2014).

Entre sus indicadores encontramos el costo de proyecto y presupuesto.

En su marco conceptual: Pavimento rígido, se realiza adquiriendo como parte esencial el hormigón, siendo en la base o en toda su estructura, vida útil, etapa durante el cual se espera emplear el activo amortizable por parte de la empresa bajo un criterio de eficiencia económica o actividad, nivel de tránsito, Herramienta topográfico para calcular ángulos verticales y horizontales, con una precisión de 1 minuto (1") los círculos de metal se leen con lupa, tres tornillos nivelantes, en cuanto al nivel de mantenimiento, se determina por las regulaciones y controles o inspecciones necesarias a la explotación, la operación elemental de mantenimiento preventivo (puesta a nivel de líquido (aceite, combustibles, etc.), el reemplazo de los artículos consumibles o de accesorios (cordones, pilas, etc.). El nivel de serviciabilidad, descrita como la amplitud de un asfalto para servir al tránsito para el cual fue proyectado.

Estudio de tráfico, instrumento principal aplicada al entendimiento del tránsito (ingeniería de tráfico) para comprender su conducta, estudio de suelos, problemas que involucran las cargas impuestas a la capa superficial, estudiadas por las leyes de la física y las ciencias naturales, distribución granulométrica, el

volumen de humedad y también el volumen de materia orgánica, topografía, permite diagnosticar una data de información del terreno que se va estudiar, la cual será delimitada mediante las técnicas de la planimetría y altimetría, costo del estudio, gastos en los que incurre una empresa para realizar una tarea, un trabajo o un proyecto determinado siendo costos directos e indirectos, presupuesto del proyecto, es el monto general de dinero pactado con el fin de cubrir todos los gastos del proyecto en un periodo de tiempo específico.

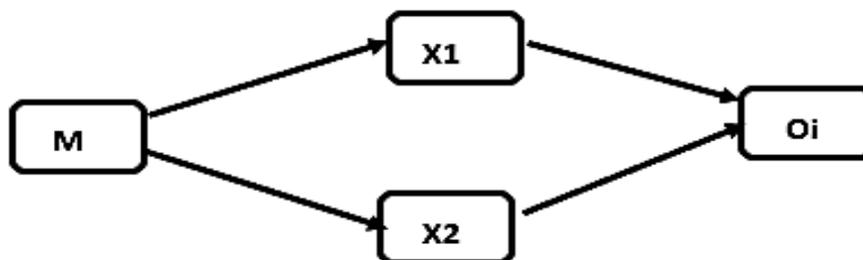
### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**3.1.1 Tipo de investigación:** Estudio aplicado, permite utilizar conocimientos adquiridos durante la etapa de estudios profesionales, de la misma manera se explicará la solución ante una problemática donde interviene el estudio, empleando metodologías y teorías, correspondientes al diseño de estudio. (Sánchez y Reyes, 2015, p. 25).

En este estudio se aplicó la metodología de diseños de pavimentos según AASHTO-93, tanto flexible como rígido para establecer su comparación entre los costos y presupuestos con la finalidad de decidir su aplicación a la zona de estudio.

**3.1.2 Diseño de Investigación:** Corresponde al no experimental, transversal descriptivo-comparativo, porque se dará en un solo momento de tiempo el cual es determinado por los investigadores, investigan la ocurrencia de los diferentes modos, categorías o diferentes niveles de las variables en una población. (Hernández y Mendoza, 2018, p. 178). En esta investigación para describir los diseños y sus características así mismo obtener el mejor pavimento previa comparación de costos y presupuestos, realizados en un solo periodo de tiempo.



Dónde:

M: Muestra (km 0+000.00 – km 5+000.00)

X1: Diseño de pavimento rígido

X2: Diseño de pavimento flexible

O<sub>i</sub>: Resultados de cotejo de pavimentos

### **3.2. Variables y operacionalización**

#### **Variable X1: Pavimento rígido**

##### **Definición conceptual:**

Conformada por una subbase granular como capa muchas veces garantizada con material cementicio o material asfáltico y una membrana de rodadura de plataforma de hormigón de material cementicio hidráulico (aditivo, agregados o aglomerante). Existen 3 tipos: Pavimento de concreto simple con juntas, pavimentos de concreto con refuerzo continuo y pavimento de hormigón con juntas y refuerzo de acero en forma de mallas. (MTC, 2014)

##### **Definición operacional:**

Se medirá a través de un instrumento que permitirá recoger información de las características técnica y económicas del Pavimento rígido: periodo de diseño, tránsito de diseño, confiabilidad, serviciabilidad, propiedades del concreto, coeficiente de carga, coeficiente de drenaje, dimensión de los espesores y costos y presupuesto del pavimento.

Escalas de medición: Intervalo, razón, nominal y ordinal.

#### **Variable X2: Pavimento flexible**

##### **Definición conceptual:**

Estructura formada por: Subbase, base y capa de rodadura conformada por una carpeta asfáltica (agregados, aglomerantes, aditivos). Se estima como capa de rodadura bituminosa sobre las capas granulares: mezclas asfálticas en frío y mezclas asfálticas en caliente, micro pavimentos, mortero asfáltico. (MTC, 2014)

##### **Definición operacional:**

Se medirá a través de un instrumento que permitirá recoger información de las características técnica y económicas del Pavimento rígido: periodo de diseño, , confiabilidad, , desviación standard combinada, índice de serviciabilidad, módulo de resiliencia, coeficiente de drenaje, número estructural, coeficiente estadístico de desviación standard y costos y presupuesto del pavimento.

Nivel de medición: Intervalo, proporción, nominal y ordinal.

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

**Población:** Descrita como el grupo de personas que son objeto de recolección de información en una investigación. (Hernández y Mendoza, 2018). Para el presente estudio está conformada por 5 kilómetros desde el Carmen hasta Cambio Puente - Chimbote.

**Muestra:** Para nuestro caso la muestra será igual a la población de tal forma que está conformada por 5 kilómetros desde Carmen hasta Cambio Puente-Chimbote.

**Muestreo:** en el procedimiento del muestreo se realizó a juicio o a criterio técnico de la normatividad peruana para determinar el número de exploraciones.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.**

Métodos de investigación: se aplicó el análisis observacional no experimental, que se encargará de los datos más importantes de los aspectos implicados en la indagación mediante una agrupación de procesos concentrados a la investigación. (Manual de Ensayo de Materiales, 2016, p. 44).

Los instrumentos, se emplearon el protocolo de estudio de mecánica de suelos utilizando formatos del manual de ensayo de componentes del MTC, por lo cual se realizará calicatas y estudios de suelos; así mismo la Ficha Técnica Estándar para Carreteras Interurbanas Sector Transporte del MTC.

### **3.5. Procedimientos**

Se procedió al empleo de los instrumentos de estudio, en relación a las fuentes primarias las cuales se recogieron directamente de la muestra de estudio, a través de la observación y los procesos de recolección de datos, luego prosiguió con el análisis de la base de datos que fueron la fuente de elaboración del procesamiento de datos.

Topografía

Clasificación unificada de suelos

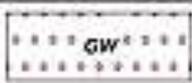
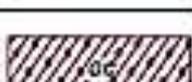
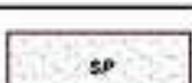
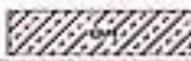
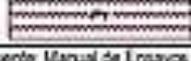
**Tabla 1:** Clasificación de suelos

G = Grava	C = Arcilla	L = Baja plasticidad
S = Arena	O = Limo o arcillas Orgánicas	W = Bien graduado
M = Limo	H = Alta plasticidad	P = Mal graduado

Fuente: Sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS)

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		Materia Orgánica
	A-2-6		Roca Sana
	A-2-7		Roca Desintegrada
	A-4		

**Figura 3:** Símbolos para perfil de calicatas-clasificación AASHTO

Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación SUCS			
	Grava bien graduada, mezcla de grava con poco o nada de materia fino, variación en tamaños granulares.		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal graduada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino.		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa.		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino.		Limo orgánico de plasticidad baja o mediana, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios.		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias.		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micaes o diatometacea, limo elástico
	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa		
	Arcilla orgánica de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico		
	Turba, suelo considerablemente orgánico		

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales – Norma MITC E 101. Símbolos gráficos para suelos

**Figura 5:** Símbolos de exploraciones-clasificación SUCS

### 3.6. Métodos de análisis de datos.

El estudio y adquisición de información de los objetivos propuestos se aplicó los datos descriptivos como tablas y figuras o distribución de frecuencias con el propósito de presentar porcentajes y frecuencias. De tal manera se analizaron los datos para la verificación del objetivo general, para el estudio geológico se basó en el CBR para obtener el diseño del pavimento. (Hernández y Mendoza, 2018).

### 3.7. Aspectos éticos.

El presente estudio se entregará con la directriz establecida por la UCV.

Según la principal benefactora, apoyar a los beneficiarios de la escuela de

ingeniería civil a conocer algún tema de investigación y a los autores para tener mayores conocimientos.

No maleficencia, los investigadores no manejaran ni utilizaran inadecuadamente las investigaciones consideradas no buscando el beneficio propio.

Autonomía, se refiere a las características de evidencia respecto a la propiedad intelectual utilizadas en la investigación y reflejadas en la declaratoria de originalidad mediante Turnitin.

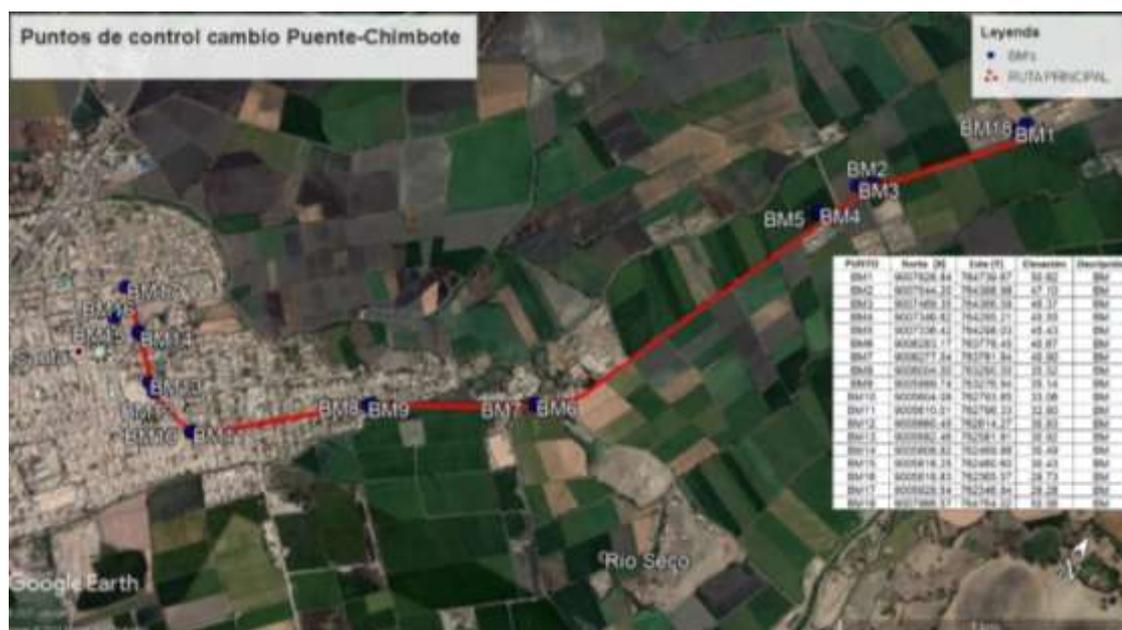
Justicia, los responsables de la autoría están comprometidos a trabajar con información segura y confiable y si el caso lo amerita a someterse al poder judicial.

Garantizando la consideración a la legalidad del autor mediante la utilización de reglamentos de redacción científica de citas y de referencias mediante el uso de las normas APA, 7ª ed., haciendo uso objetivo y autentico la indagación recolectada en las aplicaciones de los instrumentos de estudio.

## IV RESULTADOS.

### 4.1 Estudio Topográfico.

Mediante los estudios topográficos se obtuvo que el terreno es plano con una pendiente longitudinal menor al 3%, de manera que no presenta mayores problemas en el esquema, ya que se ubica en la zona urbana costera.



**Figura 5:** Documentación de puntos de BM's.

**Fuente:** Levantamiento Topográfico-Autores.

El proyecto se encuentra localizado por la zona del "Distrito del Santa" desvió de la carretera P-12, de la panamericana Norte, el área de intervención posee una topografía llana.

El control de topografía en campo ha sido realizado diariamente utilizando una estación total topcom es -105, un nivel, una mira, una wincha de 5m, un tripode, 2 radios y la recolección de datos para llevarlos al software AutoCAD 2018 para la exposición de planos topográficos a escalas convenientes.

**Tabla 2:** Puntos de control mediante estación total Es-105

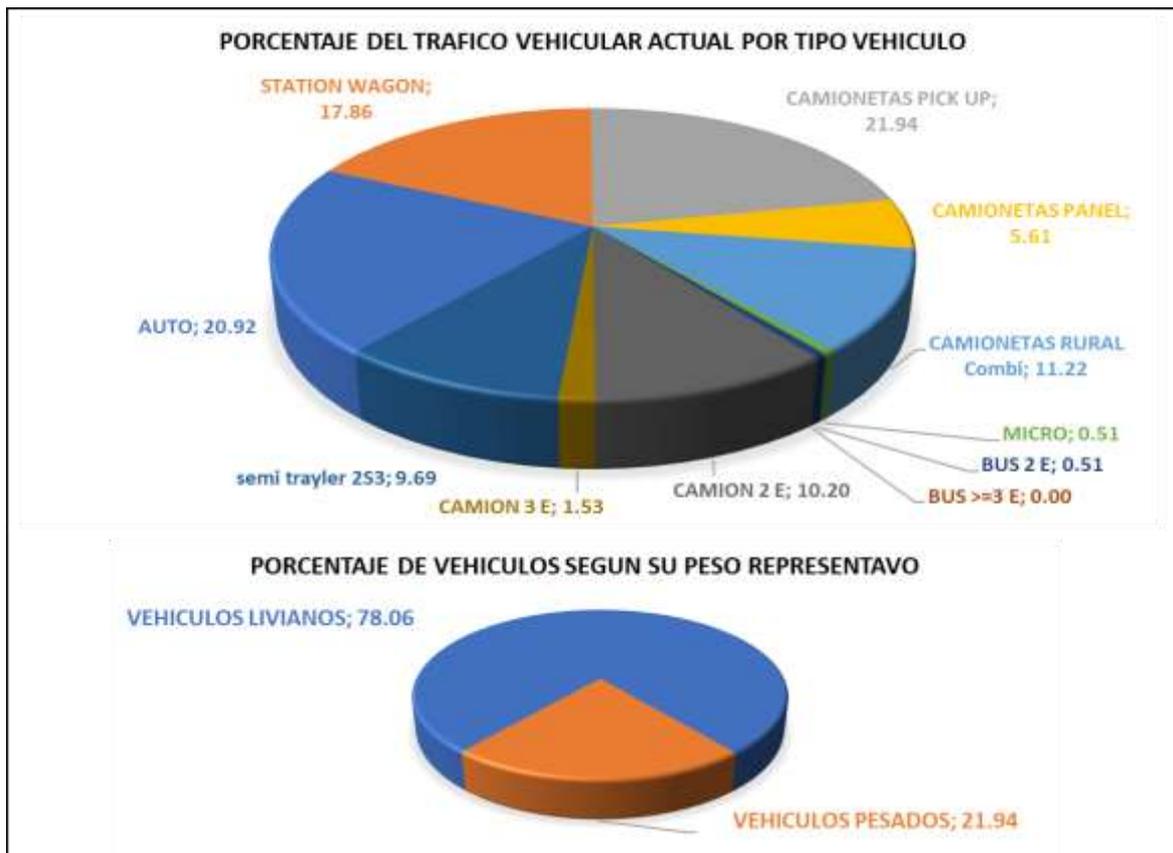
PUNTO	Norte (X)	Este (Y)	Altitud m.s.n.m	Descripción
BM1	9007926.84	764739.67	50.62	BM
BM2	9007544.20	764398.98	47.10	BM
BM3	9007489.35	764366.59	46.37	BM
BM4	9007346.62	764295.21	45.55	BM
BM5	9007336.42	764298.03	45.43	BM
BM6	9006283.17	763778.45	40.67	BM
BM7	9006277.04	763781.94	40.90	BM
BM8	9006004.50	763290.50	35.52	BM
BM9	9005989.74	763276.94	35.14	BM
BM10	9005604.09	762793.85	33.06	BM
BM11	9005610.01	762796.33	32.80	BM
BM12	9005660.45	762614.27	30.93	BM
BM13	9005682.46	762581.81	30.92	BM
BM14	9005808.92	762469.88	30.49	BM
BM15	9005818.25	762460.60	30.43	BM
BM16	9005818.83	762365.57	29.73	BM
BM17	9005928.54	762346.94	29.28	BM
BM18	9007966.57	764764.02	50.56	BM

**Fuente:** Levantamiento Topográfico

**Elaboración:** Propia.

#### **4.1.1 Estudio de Tráfico Vehicular.**

Importante y útil toda vez que permite conocer las particularidades geométricas de diseño de la carretera, los diseños estructurales de los pavimentos cualesquiera que fueran estos, además se pueden estimar las proyecciones y volumen de tráfico que puede afectar la vida útil del pavimento, bajo esta perspectiva es que se analizó los siguientes apartados.



**Gráfico N°01:** Porcentajes del tráfico vehicular diario actual.

**Fuente:** Estudio de Tráfico.

**Elaboración:** Propia

**Interpretación:** Se observa mayor transitabilidad de vehículos livianos que pesados, sin embargo, se toma en cuenta los vehículos pesados para el diseño de carpeta.

#### 4.1.2 Cálculo de Índice de Medio Diario Anual (IMDA).

Se utilizó el IMDA respecto al mes de noviembre del 2020 se realizó el análisis y conteo vehicular, resultando las visitas para tal fin desde el domingo hasta el sábado durante 15 horas.

**Tabla 3:** Resultados de conteo de tráfico y cálculo del MDA.

	Día	Auto s	S. Wago n	Camionetas			Micr o	Omnibu s	Camió n	Semi traíle r
				Pick Up	Pan el	Rur al				
Domingo 08/11/20 20	CAMBIO PUENTE- CHIMBOTE	8	4	10	2	0	0	0	0	14
	CHIMBOTE-CAMBIO PUENTE	10	3	9	1	0	0	0	0	10
	Total	18	7	19	3	0	0	0	0	24
Lunes 09/11/20 20	CAMBIO PUENTE- CHIMBOTE	30	21	24	4	20	3	2	10	12
	CHIMBOTE-CAMBIO PUENTE	20	20	42	7	19	2	0	15	10
	Total	50	41	66	11	39	5	2	25	22
Martes 10/11/20 20	CAMBIO PUENTE- CHIMBOTE	25	20	20	5	14	2	0	10	8
	CHIMBOTE-CAMBIO PUENTE	24	24	24	7	8	3	1	17	12
	Total	49	44	44	12	22	5	1	27	20
Miércoles 11/11/20 20	CAMBIO PUENTE- CHIMBOTE	30	15	30	8	10	0	0	15	12
	CHIMBOTE-CAMBIO PUENTE	23	20	20	6	18	0	0	17	8
	Total	53	35	50	14	28	0	0	32	20
Jueves 12/11/20 20	CAMBIO PUENTE- CHIMBOTE	20	23	15	5	14	0	0	10	10
	CHIMBOTE-CAMBIO PUENTE	23	10	16	7	17	0	0	17	8
	Total	43	33	31	12	31	0	0	27	18
Viernes 13/11/20 20	CAMBIO PUENTE- CHIMBOTE	40	21	20	4	10	0	0	9	12
	CHIMBOTE-CAMBIO PUENTE	39	30	31	7	19	0	1	10	8
	Total	79	51	51	11	29	0	1	19	20
Sábado 14/11/20 20	CAMBIO PUENTE- CHIMBOTE	8	13	18	3	6	0	1	5	10
	CHIMBOTE-CAMBIO PUENTE	12	13	14	7	3	0	2	8	12
	Total	20	26	32	10	9	0	3	13	22
IMDs	CAMBIO PUENTE- CHIMBOTE	23.0	16.7	19.6	4.4	10.6	0.7	0.4	8.4	11.1
	CHIMBOTE-CAMBIO PUENTE	21.6	17.1	22.3	6.0	12.0	0.7	0.6	12.0	9.7
	Total	44.6	33.9	41.9	10.4	22.6	1.4	1.0	20.4	20.9

IMDa	CAMBIO PUENTE- CHIMBOTE	23.5 1	17.09	20.01	4.53	10.8 1	0.73	0.39	7.70	10.1 8
	CHIMBOTE-CAMBIO PUENTE	22.0 5	17.52	22.78	6.13	12.2 7	0.73	0.52	10.96	8.88
	Total	45.5 6	34.61	42.79	10.6 6	23.0 7	1.46	0.91	18.67	19.0 6
<b>2020</b>	<b>Total vehículos</b>	<b>46</b>	<b>35</b>	<b>43</b>	<b>11</b>	<b>23</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>19</b>	<b>19</b>

**Elaboración:** por autores.

**Interpretación:** De la tabla con el valor del IMDs proyección para 4 años obteniéndose un **IMDA de 198 veh./día**, siendo esta la demanda actual por restricciones en pandemia, considerándose un f.c.e. de 1.0222 y 0..9137 para vehículos pesados y ligeros en la estación de peaje de Vesique-Ancash. Tabla N°25-Anexos

#### 4.2 Estudio de Mecánica de Suelos.

El espacio de trabajo se encuentra localizado en el cuadrángulo de Chimbote, según la carta nacional, Chimbote se constituye como uno de los 13 distritos que conforman la provincia del santa, ubicándose el proyecto a un altitud aproximada de 30 m.s.n.m., con coordenadas UTM 17L 8998567.00 m. E, 8998567.00 m S es en el tramo comprendido entre Cambio Puente y Chimbote, situado en la provincia del Santa-Región Ancash, tomándose en cuenta para este análisis la norma considerada en el manual de Carreteras, en una longitud de 5 kms, se realizó 05 calicatas distribuidas convenientemente en toda la longitud del tramo y 03 ensayos CBR, para determinar el pavimento flexible como el rígido.

**Tabla N°04:** Ensayos Estándar en Muestras Obtenidas de las Calicatas

<b>ENSAYOS ESTÁNDAR</b>	<b>NORMA</b>
Análisis Granulométrico por tamizado	ASTM D-422, MTC E-107
Limite líquido	ASTM D-4318, MTC E-110
Limite plástico	ASTM D-4318, MTC E-111
Contenido de Humedad	ASTM D-2216, MTC E-108
Clasificación SUCS	ASTM D-2487
Clasificación AASHTO	AASHTO M-145
<b>ENSAYOS ESPECIALES</b>	<b>NORMA</b>
California <u>Bearing Ratio</u> (CBR)	ASTM D-1883, MTC E 132
Proctor Modificado	ASTM D-1557, MTC

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

Todos los especímenes representativos fueron sometidos a ensayos que figuran en la Tabla N°04, siguiendo las normas ASTM.

**Tabla 5: Resultados de ensayos estándar en muestras obtenidas de las calicatas.**

CAL.	EST.	PORCENTAJE RETENIDO (%)												LIMITES ATTERBERG			CLASIFIC.	
		3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 100	LL%	LL%	IP %	SUCS	AASHTO
C - 1	E - 3	100	80.57	69.56	61.06	54.98	49.09	44.03	40.2	32.87	25.93	12.39	4.41	NP	NP	NP	GW	A-1-a (0)
De -0.40m. a -1.50m.		GRAVA		67.13%			ARENA		30.12%			LIMO y/o ARCILLA		2.75%				
C - 2	E - 3	100	100	100	80.07	64.87	56.99	48.97	45.42	38.31	29.75	12.14	3.95	NP	NP	NP	GW	A-1-a (0)
De -0.40m. a -1.50m.		GRAVA		61.69%			ARENA		36.31%			LIMO y/o ARCILLA		2.00%				
C - 3	E - 2	100	100	100	95.4	78.34	71.41	60.94	57.11	48.42	37.88	16.73	5.58	NP	NP	NP	GW	A-1-a (0)
De -0.25m. a -1.50m.		GRAVA		51.58%			ARENA		44.55%			LIMO y/o ARCILLA		3.88%				
C - 4	E - 3	100	100	100	100	100	100	100	97.24	93.01	86.23	69.35	45.35	NP	NP	NP	SM	A-2-4 (0)
De -0.25m. a -1.50m.		GRAVA		6.99%			ARENA		60.29%			LIMO y/o ARCILLA		32.74%				
C - 5	E - 2	100	100	100	78.08	73.79	72.64	68.58	67.12	61.72	49.48	28.19	16.33	NP	NP	NP	SM	A-1-a (0)
De -0.10m. a -1.50m.		GRAVA		38.28%			ARENA		48.07%			LIMO y/o ARCILLA		13.66%				

Fuente: **Estudio de mecánica de suelos.**

**Elaboración:** Autores.

**Interpretación:** De acuerdo a los resultados de los estudios de las exploraciones donde C-1 a C-3, se clasificó mediante SUCS como GW grava bien graduada, mezclas de grava-arena con pocos finos, mientras que las calicatas C-4 a C-5 como SM, que corresponde a arenas limosas, mezclas de arena y limo, respecto a la metodología AASHTO, las calicatas C-1 a C-3 y C-5 como A-1-a (0) fragmentos de arena, grava y roca, en cuanto a la calicata C-4 como A-2-4 (0), como grava con arena y limos, es preciso mencionar que el CBR promedio es de 27.00% el cual corresponde a una subrasante muy buena, no encontrándose límites de plasticidad.

**Tabla N°06: Resultados de las exploraciones.**

<b>Puntos de Referencia</b>	<b>C-1</b>	<b>C-2</b>	<b>C-3</b>	<b>C-4</b>	<b>C-5</b>
<b>Progresiva</b>	Km 0+1000	Km 1+2000	Km 2+3000	Km 3+4000	Km 4+1000
<b>Profundidad</b>	1.50m	1.50m	1.50m	1.50m	1.50m
<b>Limite Líquido (LL)</b>	NP	NP	NP	NP	NP
<b>Limite Plástico (LP)</b>	NP	NP	NP	NP	NP
<b>Índice Plástico (IP)</b>	NP	NP	NP	NP	NP
<b>Grava</b>	67.13%	61.69%	51.58%	6.99%	38.28%
<b>Arena</b>	30.12%	36.31%	44.55%	60.29%	48.07%
<b>Limo y/o arcilla</b>	2.75%	2.00%	3.88%	32.74%	13.66%
<b>CBR= 27% Prom.</b>	29.00%	29.00%	24.00%	29.00%	24.00%
<b>SUCS</b>	GW	GW	GW	SM	SM
<b>AASHTO</b>	A-1-a (0)	A-1-a (0)	A-1-a (0)	A-2-4 (0)	A-1-a (0)

**Fuente:** Estudio de suelos.

**Elaboración:** Autores.

**Interpretación:** Al realizarse el registro de cada una de las calicatas, con los resultados de laboratorio y muestreo in situ se anotaron las diferentes características del suelo (espesor, humedad, plasticidad, etc.) clasificando el suelo según SUCS y ASSHTO.

El suelo de fundación está conformado por una capa de material del tipo afirmado en un espesor que varía de 0.10m a 0.40m, luego subyace entre las calicatas C-1 a C-3 como grava bien graduada, mezclas de grava y arena, pocos finos (GW) y entre las calicatas C-4 y C-5 arena limosa con grava (SM), de la misma manera según la clasificación ASSHTO, están clasificados de las calicatas C-1, C-2, C-3 y C-5 como A-1-a(0) y la C-4 como A-2-4(0), y la razón de soporte CBR de 27.00% a 0.1" de penetración que de acuerdo al cuadro 4.11 ver Anexo categoría de subrasante del Manual de Carreteras, se considera subrasante muy buena.

### 4.3 DISEÑO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, METODOLOGÍA AASHTO 93.

#### 4.3.1 Periodo del diseño.

Se utilizó un periodo de diseño de 20 años.

#### 4.3.2 Cálculo del ESAL de diseño.

Se realizará la carga de tráfico vehicular para el pavimento con la siguiente fórmula:

$$ESAL = 365 * (\Sigma f.IMDa) * Fd * Fc * Fca = 867\ 584.02\ EE$$

$\Sigma f.IMDa$  = Total del factor por IMDA por vehículo = 214.85042

$Fd*Fc*Fca$  = 11.065

**Tabla N°07.** Cargas por ejes para ejes equivalentes pavimentos flexibles y semirrígidos.

TIPO DE VEHICULO		IMDA	TIPO	NUMERO	CARGA	"f" P. FLEXIBLE	f. IMDA FLEXIBLE
		2024	EJE	LLANTAS	EJE $T_{\Omega}$		
VEHICULOS LIGEROS	Autos	46.82	SIMPLE	2	1	0.00053	0.02467
		46.82	SIMPLE	2	1	0.00053	0.02467
	S. Wagon	35.62	SIMPLE	2	1	0.00053	0.01877
		35.62	SIMPLE	2	1	0.00053	0.01877
	Pick Up	43.77	SIMPLE	2	1	0.00053	0.02307
		43.77	SIMPLE	2	1	0.00053	0.02307
	Panel	11.20	SIMPLE	2	1	0.00053	0.00590
		11.20	SIMPLE	2	1	0.00053	0.00590
	Rural.	23.41	SIMPLE	2	1	0.00053	0.01234
		23.41	SIMPLE	2	1	0.00053	0.01234
	Micros.	1.02	SIMPLE	2	1	0.00053	0.00054
	1.02	SIMPLE	2	1	0.00053	0.00054	
OMNIBUS.	2E	1.03	SIMPLE	2	7	1.26537	1.30565
		1.03	SIMPLE	4	11	3.23829	3.34137
CAMIÓN	2E	19.60	SIMPLE	2	7	1.26537	24.80727
		19.60	SIMPLE	4	11	3.23829	63.48599
SEMI TRAYLERS	2S3	19.60	SIMPLE	2	7	1.26537	24.80727
		19.60	SIMPLE	4	11	3.23829	63.48599
		19.60	TRIDEM	12	25	1.70603	33.44631

**Interpretación:** Factor ponderado para una calzada de 2 sentidos igual a 0.50

**Tabla N°08.** Cargas para ejes equivalentes pavimentos flexibles y semirrígidos.

**Factores de Distribución Direccional y de Carril para determinar el Tránsito en el Carril de Diseño**

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
<b>1 calzada</b> (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
<b>2 calzadas con separador central</b> (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: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO 93

**Tabla N°09.** Cargas para ejes equivalentes pavimentos flexibles y semirrígidos.

**1. PESOS Y MEDIDAS MÁXIMAS PERMITIDAS**

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS										
N°	Config. vehicular	N° de ejes	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Eje Delant	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)
						Conjunto de ejes posteriores				
						1°	2°	3°	4°	
1	C2	2		12.30	7	11	—	—	—	18
2	C3	3		13.20	7	18	—	—	—	25
3	C4	4		13.20	7	23 <sup>=</sup>	—	—	—	30
4	8x4	4		13.20	7+7 <sup>=</sup>	18	—	—	—	32

Fuente: Reglamento nacional de vehículos-SUTRAN.

**Interpretación:** Tablas de factor de vehículos mediante estudio de tráfico.

#### **4.3.3 Módulo de Resiliencia (Mr).**

Este módulo relacionado con el CBR, permite determinar la medición de rigidez de la subrasante, para el estudio.

$$Mr = 2555 \times \text{CBR}^{0.64} = 2555 \times 27.00^{0.64} = 21060.26 \text{ psi.}$$

#### **4.3.4 Confiabilidad (%R).**

Determinada por la dispersión de la probabilidad de los componentes que modifican la parte estructural del pavimento y su conducta, tiene una relación proporcional directa al espesor del pavimento Tabla N°18-Anexos.

$$\%R = 80\%.$$

#### **4.3.5 Desviación standard combinada (So)**

Según la Guía ASSHTO se recomienda para firmes flexibles valores entre 0.40 y 0.50, para el presente estudio elegimos 0.45, por consiguiente.

$$So = 0.45$$

**4.3.6 Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr)** Nos indica un valor estimado probabilístico para un conjunto de datos distribuidos normalmente. Tabla N°19-Anexos.

$$ZR = -0.842$$

#### **4.3.7 Índice de Serviciabilidad (PSI).S**

Serviciabilidad inicial (Pi). Se conocen el servicio en una vía recientemente construida Tabla N°20-Anexos.

$$\text{Serviciabilidad inicial (Pi)} = 3.80.$$

Una vía cuando tiene la condición o necesidad de reconstruirse parcial o totalmente por su alto deterioro se llama serviciabilidad final. (Pt) Tabla N°21-Anexos.

$$\text{Serviciabilidad final (Pt)} = 2.50.$$

#### **4.3.8 Variación de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI).**

$$(\Delta\text{PSI}) = 1.80$$

#### 4.3.9 Cálculo del Número Estructural (SN).

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

W 18 = 867 584.02.

%R = 27%

Zr. = -0.842

So. = 0.45

Mr. = 21060.26

( $\Delta PSI$ .) = 1.80 aprox.

Luego por iteración y utilizando el software excel, , se obtiene el número estructural resultado:

SN = 2.106

**4.3.10 Cálculo de los espesores.** Para poder calcular los espesores del pavimento flexible con el periodo de 20 años, se reemplaza en los coeficientes estructurales y el coeficiente de drenaje que se obtuvo en la ecuación del número estructural

Con el SN = 2.106 se reemplaza en la fórmula y se obtiene el SNR

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

Dónde:

a1, a2, a3 = Coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase.

d1, d2, d3 = Espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase.

m2, m3 = Coeficiente de drenaje en las capas de base y subbase.  
Remplazando la formula y teniendo en cuenta que para los espesores.

**Tabla N°10:** Resumen de las características del modelo del firme flexible según enfoque AASHTO.

Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento.	<u>ESAL</u> .(W18)	867584.02
Suelo de la subrasante.	CBR. =	27%
Módulo de resiliencia de la subrasante.	MR. (psi)=	21060.2593
Tipo de tráfico.	Tipo:	TP4
Número de etapas.	Etapas:	1
Nivel de confiabilidad.	conf.	80
Coefficiente estadístico de desviación estándar normal	ZR.	-0.84162123
Desviación estándar combinado	So.	0.45
Índice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico	Pi.	3.8
Índice de serviciabilidad final según rango de tráfico	Pt.	2
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico	$\Delta$ PSI.	1.8

Elaboración: Propia.

**Interpretación:** Observamos que ESAL es de 867584.02 EE, con un CBR de 27% el cual se considera muy bueno para la subrasante.

**Tabla N°11:** Cálculo de espesores de las capas

Capa superficial. =a1	<u>Base</u> . =a2	Subbase. =a3
Carpeta Asfáltica en Caliente, módulo 2,965 MPa (430,000 PSI) a 20 °C (68° F)	Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	Sub Base Granular CBR 40%, compactada al 100% de la MDS
Capa Superficial recomendada para todos los tipos de Tráfico =0.17	Capa de Base recomendada para Tráfico $\leq$ 5'000,000 EE = 0.052	Capa de Sub Base recomendada para Tráfico $\leq$ 15'000,000 EE =0.047
<b>d1= 5 cm</b>	<b>d2= 15 cm</b>	<b>d3= 15 cm</b>
Coefficiente de drenaje	Base=1	Subbase=1
SNR. (Requerido)	2.106	SNR. (Res.) > SNR (Reg.)
SNR. (Resultado)	2.335	<b>SI CUMPLE</b>

**Elaboración:** Propia.

**Interpretación:** Puesto que el SNR (Resultado) es mayor que el SNR (Requerido), podemos decir que nuestros espesores son correctos.

En base a las características físicas del terreno de fundación más crítico ubicado

entre el tramo km. 3+850 al km. 4+400 se ha calculado los espesores que satisfacen los números estructurales requeridos siendo los siguientes:

**Tabla N°12.** Dimensiones de capas

<b>CONCRETO ASFÁLTICO (carpeta de rodadura)</b>	<b>2'' = 5 cms.</b>
<b>CAPA BASE (CBR ≥80%) (Base Granular)</b>	<b>6'' = 15 cms.</b>
<b>CAPA SUB-BASE (CBR ≥40%) (Sub-base Granular)</b>	<b>6'' = 15 cms.</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Interpretación:** Se pudo lograr una carpeta asfáltica de 5 cms, una base de 15 cms y una subbase de 15 cms. el tramo crítico del km. 3+850 al km. 4+400.

Posteriormente para el sector comprendido entre km 0+000 al km. 3+850, con un suelo GW, cuyo CBR es excelente, se tuvo la siguiente propuesta:

**Tabla N°13.** Dimensiones de capas

<b>CONCRETO ASFÁLTICO (carpeta de rodadura)</b>	<b>2'' = 5 cms.</b>
<b>CAPA BASE (CBR ≥80%) (Sub-base Granular)</b>	<b>6'' = 15 cms.</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

#### 4.4 DISEÑO DEL PAVIMENTO RÍGIDO METODOLOGÍA AASHTO.

Se empleó el enfoque AASHTO 93 para el diseño, considerando un periodo de diseño para 20 años.

##### 4.4.1 Cálculo del ESAL de diseño.

Se realizará la carga de tráfico vehicular teniendo en cuenta la siguiente fórmula:

$$ESAL = 365 * (\Sigma f \cdot IMDa) * Fd * Fc * Fca = 1\ 079\ 027.81\ EE$$

$\Sigma f \cdot IMDa$  = Total del factor por IMDA por vehículo = 267.2128238

$Fd \cdot Fc \cdot Fca$  = Factor direccional \* factor carril \* factor de vehículos pesados = 11.065

**Tabla 14.** Relación de cargas por ejes para determinar ejes equivalentes pavimentos rígidos

TIPO DE VEHICULO		IMDA 2024	TIPO	NUMERO	CARGA	"f" P.	f. IMDA
			EJE	LLANTAS	EJE Tn	RÍGIDO	RÍGIDO
VEHICULOS LIGEROS	Autos	46.82	SIMPLE	2	1	0.00044	0.02043
		46.82	SIMPLE	2	1	0.00044	0.02043
	S. Wagon	35.62	SIMPLE	2	1	0.00044	0.01555
		35.62	SIMPLE	2	1	0.00044	0.01555
	Pick Up	43.77	SIMPLE	2	1	0.00044	0.01910
		43.77	SIMPLE	2	1	0.00044	0.01910
	Panel	11.20	SIMPLE	2	1	0.00044	0.00489
		11.20	SIMPLE	2	1	0.00044	0.00489
	Rural	23.41	SIMPLE	2	1	0.00044	0.01022
		23.41	SIMPLE	2	1	0.00044	0.01022
Micros	1.02	SIMPLE	2	1	0.00044	0.00044	
	1.02	SIMPLE	2	1	0.00044	0.00044	
OMNIBUS	2E	1.03	SIMPLE	2	7	1.27283	1.31335
		1.03	SIMPLE	4	11	3.33483	3.44098
CAMIÓN	2E	19.60	SIMPLE	2	7	1.27283	24.95367
		19.60	SIMPLE	4	11	3.33483	65.37862
SEMITRAYLERS	2S3	19.60	SIMPLE	2	7	1.27283	24.95367
		19.60	SIMPLE	4	11	3.33483	65.37862
		19.60	TRIDEM	12	25	4.16493	81.65267

Elaboración: propia

Total factor camión 267.212824

**4.4.2 Confiabilidad (%R).** Respecto a la confiabilidad, consideramos la misma que para el pavimento flexible Tabla N°22-Anexos.

$$\%R = 80\%$$

**4.4.3 Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal (Zr).** Conjunto de datos que siguen una distribución normal y que proporciona un valor de confiabilidad considerada de acuerdo al rango de tipo de tráfico de acuerdo al EE, TP5, Tabla N°23-Anexos.

$$Z_R = -0.842$$

**4.4.4 Desviación Estándar Combinado (So).** Considerada como la dispersión esperada de la predicción del tránsito y factores que influyen en la conducta del pavimento, la Guía AASHTO recomienda un valor comprendido que oscila de 0.30 y 0.40 para firme rígido de manera que adoptamos un valor de 0.35.

$$S_o = 0.35$$

**4.4.5 Diferencial de Serviciabilidad ( $\Delta$ PSI)** Considerada como la capacidad del pavimento de servicio al tránsito que circula por la vía, su rango varía de 0 (intransitable) a 5 (transitabilidad excelente), para nuestro caso y según Tabla N°24 -Anexos. el  $\Delta$ PSI fue de 1.8, con un indicador de serviciabilidad inicial según de 4.3 y un indicador de serviciabilidad final según rango de tráfico TP5 de 2.5

$$\Delta \text{PSI} = 1.8$$

**4.4.6 Módulo Elástico del Concreto ( $E_c$ )** parámetro muy importante en el dimensionamiento de estructuras de concreto armado.

Fórmula según AASHTO 93.

$$E_c = 57000 \times (f'c)^{0.5} = 3723365.482 \text{ PSI}$$

Para nuestro caso se optó por usar un concreto  $f'c = 300 \text{ kg/cm}^2 = 4267.078 \text{ PSI}$

**Tabla N°15:** Principales variables del diseño del pavimento rígido según metodología AASHTO.

Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento.	ESAL(W18)	1079027.81
CBR de la subrasante (%).	CBR	27%
Resistencia del concreto (Kg/cm <sup>2</sup> ).	(F'c)	300
Módulo elástico del concreto (PSI).	Ec	3723365.48
Resistencia media del concreto a flexo tracción a los 28 días (Kg/cm <sup>2</sup> ).	Mr	42.00
Módulo de reacción de la subrasante. (Mpa/m).	Ko	89.00
CBR mínimo de la subbase (%) VERDADERO	CBR(subB.)	40.00%
CBR mínimo de la subbase – definido. (%)	CBR DEF.	50.00%
Módulo de reacción de la subbase granular. (Mpa/m).	K1(subB.)	140.00
Espesor de la subbase granular (cm) recomendado por la MTC.	h=	15.00
Coefficiente de reacción combinado (Mpa).	Kc	97.93
Tipo de tráfico	Tipo:	TP5
Índice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico	Pi	4.3
Índice de serviciabilidad final según rango de tráfico	Pt	2.5
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico	Δ PSI	1.8
Desviación estándar	So	0.35
Nivel de confiabilidad combinado	conf.	85
Coefficiente estadístico de desviación estándar normal	ZR	-1.036
Condiciones de drenaje	cd	1
Coefficiente de transmisión de carga en juntas	J	2.8
Concreto hidráulico con pasadores		

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Tabla N°16:** Espesores de pavimento de concreto en cms.

<b>LOSA DE CONCRETO (carpetas de rodadura)</b>	<b>6''=15 cms.</b>
<b>CAPA BASE (Sub-base Granular)</b>	<b>6''=15 cms.</b>

**Fuente:** Elaboración Propia.

**Interpretación:** Para el pavimento rígido se obtuvo los siguientes espesores losa de concreto de 15 cms. y una base granular de 15 cms.

## 4.5 Presupuesto Pavimento Flexible.

Estudio comparativo entre pavimento rígido y pavimento flexible, en el tramo Cambio Puente - Chimbote -2020

Lugar ANCASH - SANTA - CHIMBOTE

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				3,398.55
01.01	OFICINA, ALMACEN Y GUARDIANIA	glb	1.00	2,500.00	<b>2,500.00</b>
01.02	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 3.60 x 2.40 M	und	1.00	898.55	<b>898.55</b>
<b>02</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				157,580.00
02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	6,680.00	<b>6,680.00</b>
02.02	TRAZO Y NIVELACION TOPOGRAFICA PERMANENTE EN LA OBRA	m2	30,000.00	1.11	<b>33,300.00</b>
02.03	LIMPIEZA DEL TERRENO (MANUAL)	m2	30,000.00	2.85	<b>85,500.00</b>
02.04	TRAZOS Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	30,000.00	1.07	<b>32,100.00</b>
<b>03</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA</b>				3,678.28
03.01	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD EN OBRA	glb	1.00	3,678.28	<b>3,678.28</b>
<b>04</b>	<b>PAVIMENTACION</b>				2,676,395.70
<b>04.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				1,064,997.30
04.01.01	CORTE DE TERRENO CON MAQUINARIA HASTA NIVEL DE SUB RASANTE	m3	5,625.00	14.01	<b>78,806.25</b>
04.01.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	75.00	66.07	<b>4,955.25</b>
04.01.03	CONFORMACION Y COMPACTACION DE SUB RASANTE	m2	30,000.00	3.08	<b>92,400.00</b>
04.01.04	SUB BASE DE AFIRMADO E=0.20 m	m2	30,000.00	14.26	<b>427,800.00</b>
04.01.05	BASE DE AFIRMADO E=0.10 m	m2	30,000.00	11.01	<b>330,300.00</b>
04.01.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIAS	m3	6,660.00	19.63	<b>130,735.80</b>
<b>04.02</b>	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE</b>				1,505,862.00
04.02.01	BARRIDO DE BASE PARA IMPRIMACION	m2	30,000.00	0.46	<b>13,800.00</b>
04.02.02	IMPRIMACION ASFALTICA RC - 250	m2	30,000.00	6.70	<b>201,000.00</b>
04.02.03	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 2'	m2	32,100.00	40.22	<b>1,291,062.00</b>
<b>04.03</b>	<b>SEÑALIZACION</b>				105,536.40
<b>04.03.01</b>	<b>PINTURA DE SEÑALIZACION</b>				105,536.40
04.03.01.01	PINTURA PAVIMENTO (LINEA CONTINUA)	m	10,000.00	9.98	<b>99,800.00</b>
04.03.01.02	PINTURA DE PAVIMENTOS: SIMBOLO Y LETRAS	m2	298.46	19.22	<b>5,736.40</b>
<b>05</b>	<b>FLETE TERRESTRE</b>				17,715.42
05.01	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	17,715.42	<b>17,715.42</b>
<b>06</b>	<b>MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL</b>				5,350.00
06.01	IMPACTO AMBIENTAL	glb	1.00	5,350.00	<b>5,350.00</b>
<b>07</b>	<b>PLAN DE VIGILANCIA PREVENCIÓN Y CONTROL DE COVID-19</b>				26,070.78
<b>07.01</b>	<b>ACTIVIDADES DE PREVENCIÓN DEL COVID-19</b>				26,070.78
07.01.01	ELABORACION DEL PLAN PARA VIGILANCIA, PREVENCIÓN Y CONTROL DEL COVID-19	glb	1.00	4,000.00	<b>4,000.00</b>
07.01.02	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	und	80.00	34.26	<b>2,740.80</b>
07.01.03	KIT DE LIMPIEZA Y DESINFECCION PERSONAL	mes	2.00	1,495.08	<b>2,990.16</b>
07.01.04	LIMPIEZA Y DESINFECCION EN OBRA	mes	2.00	1,050.44	<b>2,100.88</b>
07.01.05	MEDIDAS PREVENTIVAS COLECTIVAS	glb	1.00	8,212.24	<b>8,212.24</b>
07.01.06	CONTROLES ADMINISTRATIVOS	glb	1.00	2,295.50	<b>2,295.50</b>
07.01.07	EVALUACION DE LA CONDICION DE SALUD DEL TRABAJADOR	und	80.00	46.64	<b>3,731.20</b>
	Costo Directo				2,890,188.73

SON: DOS MILLONES OCHOCIENTOS NOVENTA MIL CIENTO OCHENTIOCHO Y 73/100 SOLES

## 4.6 Presupuesto Pavimento Rígido.

Estudio comparativo entre pavimento rígido y pavimento flexible, en el tramo Cambio Puente - Chimbote -2020

Lugar ANCASH - SANTA - CHIMBOTE

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
<b>01</b>	<b>OBRAS PROVISIONALES</b>				3,398.12
01.01	OFICINA, ALMACEN Y GUARDIANIA	glb	1.00	2,500.00	<b>2,500.00</b>
01.02	CARTEL DE IDENTIFICACION DE OBRA 3.60 x 2.40 M	und	1.00	898.12	<b>898.12</b>
<b>02</b>	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>				157,580.00
02.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	glb	1.00	6,680.00	<b>6,680.00</b>
02.02	TRAZO Y NIVELACION TOPOGRAFICA PERMANENTE EN LA OBRA	m2	30,000.00	1.11	<b>33,300.00</b>
02.03	LIMPIEZA DEL TERRENO (MANUAL)	m2	30,000.00	2.85	<b>85,500.00</b>
02.04	TRAZOS Y REPLANTEO PRELIMINAR	m2	30,000.00	1.07	<b>32,100.00</b>
<b>03</b>	<b>SEGURIDAD Y SALUD EN OBRA</b>				3,678.28
03.01	SEÑALIZACION Y SEGURIDAD EN OBRA	glb	1.00	3,678.28	<b>3,678.28</b>
<b>04</b>	<b>PAVIMENTACION</b>				4,114,553.36
<b>04.01</b>	<b>MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>				1,064,997.30
04.01.01	CORTE DE TERRENO CON MAQUINARIA HASTA NIVEL DE SUB RASANTE	m3	5,625.00	14.01	<b>78,806.25</b>
04.01.02	RELLENO COMPACTADO CON MATERIAL DE PRESTAMO	m3	75.00	66.07	<b>4,955.25</b>
04.01.03	CONFORMACION Y COMPACTACION DE SUB RASANTE	m2	30,000.00	3.08	<b>92,400.00</b>
04.01.04	SUB BASE DE AFIRMADO E=0.20 m	m2	30,000.00	14.26	<b>427,800.00</b>
04.01.05	BASE DE AFIRMADO E=0.10 m	m2	30,000.00	11.01	<b>330,300.00</b>
04.01.06	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE C/MAQUINARIAS	m3	6,660.00	19.63	<b>130,735.80</b>
<b>04.02</b>	<b>PAVIMENTO RIGIDO</b>				2,944,019.66
04.02.01	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO PARA PAVIMENTO RIGIDO	m2	4,523.94	58.64	<b>265,283.84</b>
04.02.02	CONCRETO F'c= 300KGR/CM2 PARA PAVIMENTO RIGIDO	m3	6,000.00	400.78	<b>2,404,680.00</b>
04.02.03	BARRA LISA TRANSVERSAL D=1/2" (DOWELL) ASTM A36, FY=4200 KGR/CM2	und	1,162.01	13.94	<b>16,198.42</b>
04.02.04	BARRA CORRUGADA LONG (D=1/2") (DOWELL) ASTM A36 FY= 4200 KGR/CM2	und	3,913.04	9.54	<b>37,330.40</b>
04.02.05	ACABADO EN PAVIMENTO RIGIDO	m2	32,100.00	6.87	<b>220,527.00</b>
<b>04.03</b>	<b>SEÑALIZACION</b>				105,536.40
<b>04.03.01</b>	<b>PINTURA DE SEÑALIZACION</b>				105,536.40
04.03.01.01	PINTURA PAVIMENTO (LINEA CONTINUA)	m	10,000.00	9.98	<b>99,800.00</b>
04.03.01.02	PINTURA DE PAVIMENTOS: SIMBOLO Y LETRAS	m2	298.46	19.22	<b>5,736.40</b>
<b>05</b>	<b>FLETE TERRESTRE</b>				17,715.42
05.01	FLETE TERRESTRE	glb	1.00	17,715.42	<b>17,715.42</b>
<b>06</b>	<b>MITIGACION DE IMPACTO AMBIENTAL</b>				5,350.00
06.01	IMPACTO AMBIENTAL	glb	1.00	5,350.00	<b>5,350.00</b>
<b>07</b>	<b>PLAN DE VIGILANCIA PREVENCION Y CONTROL DE COVID-19</b>				26,070.78
<b>07.01</b>	<b>ACTIVIDADES DE PREVENCION DEL COVID-19</b>				26,070.78
07.01.01	ELABORACION DEL PLAN PARA VIGILANCIA, PREVENCION Y CONTROL DEL COVID-19	glb	1.00	4,000.00	<b>4,000.00</b>
07.01.02	EQUIPOS DE PROTECCION INDIVIDUAL	und	80.00	34.26	<b>2,740.80</b>
07.01.03	KIT DE LIMPIEZA Y DESINFECCION PERSONAL	mes	2.00	1,495.08	<b>2,990.16</b>
07.01.04	LIMPIEZA Y DESINFECCION EN OBRA	mes	2.00	1,050.44	<b>2,100.88</b>
07.01.05	MEDIDAS PREVENTIVAS COLECTIVAS	glb	1.00	8,212.24	<b>8,212.24</b>
07.01.06	CONTROLES ADMINISTRATIVOS	glb	1.00	2,295.50	<b>2,295.50</b>
07.01.07	EVALUACION DE LA CONDICION DE SALUD DEL TRABAJADOR	und	80.00	46.64	<b>3,731.20</b>
Costo Directo					4,328,345.96

SON: CUATRO MILLONES TRESCIENTOS VEINTIOCHO MIL TRESCIENTOS CUARENTICINCO Y 96/100 SOLES

**Tabla 17:** Análisis comparativo de costos y presupuesto para ambos pavimentos

Pavimento	Presupuesto Total S/	Distancia del Proyecto (km)	Costo de ejecución por Km. S/	Durabilidad (años)
Flexible	S/ 4,092,507.24	4.00	S/ 818,501.45	20
Rígido	S/ 6,128,937.91	4.00	S/ 1,225,787.59	20

**Elaboración:** Propia.

**Fuente:** Software S10

**Interpretación:**

En la Tabla N°17 se puede observar que el pavimento flexible es más económico que el pavimento rígido, no obstante, los costos de mantenimiento y operación en el pavimento flexible en el periodo de diseño de 20 años es mucho más costoso que el del pavimento rígido incrementando su presupuesto total.

Es preciso manifestar que el pavimento flexible comparado con el pavimento rígido es más económico y adecuado técnicamente por la topografía del terreno y sus características del tráfico vehicular y por lo tanto el más apropiado para mejorar la transitabilidad en el tramo Cambio Puente-Chimbote, con lo que verificamos y aceptamos la hipótesis planteada.

## V. DISCUSIÓN

Realizar este estudio de comparación entre el pavimento rígido y pavimento flexible en el tramo cambio Puente - Chimbote – 2021, permitió discutir lo encontrado con algunos hallazgos considerados en los antecedentes y el marco teórico.

Respondiendo al **primer objetivo** que consistió en determinar el estudio topográfico y el estudio de tráfico, reportaron un área plana con una pendiente longitudinal menor al 3%, motivo por el cual no presenta mayor dificultad de trazado, ya que está ubicada en la zona urbana costera, el IMDA encontrado fue de 198 veh/día, correspondiendo a una carretera de menor volumen de tránsito. Coincidiendo nuestro estudio con Ramírez y Zavaleta (2017) en su investigación comparativa entre un pavimento rígido, semirrígido y flexible en Trujillo-La Libertad concluyó un terreno llano con pendiente menor al 3%, y un IMDA de 220 veh/día, así mismo Paredes y Mego (2019) determinó en una investigación comparativa entre pavimento flexible y rígido en Tarapoto-San Martín, obteniendo una topografía llana y alienada, evidenciándose que zonas cercas a las ciudades las pendientes longitudinales son mínimas, sin embargo se precisa que en otros estudios como el de Castillo y Castro (2020) en un estudio para comparar un firme flexible y otro rígido en Sechura-Piura, determinaron una topografía por tramos plano y ondulada con pendiente 13%, con un IMDA de 102.303 veh/día, no indica ciertas coincidencias.

Mientras tanto en los estudios de suelos que se precisó como **segundo objetivo**, se presentó un suelo (GW) grava bien graduada, mezclas de grava-arena con pocos finos, (SM), que corresponde a arenas limosas, mezclas de arena y limo, respecto a la metodología AASHTO, como A-1-a (0) fragmentos de roca, grava y arena y A-2-4 (0), como grava con arena y limos, es preciso mencionar que el CBR promedio fué de 27.00% el cual corresponde a una subrasante muy buena, resultados similares que al compararse con Castillo y Castro (2020) en un análisis entre un pavimento flexible y otro rígido en Sechura-Piura, quienes trabajaron con un CBR de 28.17%, sin embargo en la investigación que realizaron Ramírez y Zavaleta (2017) en su investigación comparativa entre un pavimento rígido, semirrígido y flexible en Trujillo-La Libertad obtuvieron un CBR de 49.70% resultando diferente a nuestro estudio.

Respecto al **tercer objetivo** el diseño para el pavimento flexible entre el km 0+000 al km. 3+850, se obtuvo una plataforma de asfalto de 5 cms y una capa base granular

de 15 cms, teniendo en cuenta que para el tramo crítico del km. 3+850 al km. 4+400, se logró obtener una plataforma de asfalto de 5 cms, una base de 15 cms y una subbase de 15 cms, referente al pavimento rígido un espesor de losa de concreto de 15 cms y capa base granular de 15 cms, los autores Dextre y Castillo (2019) en su estudio sobre el análisis comparativo de pavimento rígido y flexible en Huaraz, encontró que los espesores de las plataformas del firme flexible, fue de 5 cm para la carpeta asfáltica y 15 cm para la base y para el pavimento rígido para la losa de hormigón de 8 cm y la base de 4 cm, encontrándose en nuestro estudio espesores iguales para el pavimento flexible y similares en el rígido haciendo la diferencia en éste último que en el estudio de los autores en referencia los espesores de la losa de concreto y la base granular son menores debido al CBR de 32.71% que es excelente.

Para el análisis económico como **cuarto objetivo** de estudio, el pavimento rígido tuvo un presupuesto total de S/ 6,128,937.91 y el pavimento flexible un presupuesto total de S/ 4,092,507.24 por lo que el pavimento más adecuado económicamente es el flexible ya que el costo de ejecución inicial del pavimento rígido es mayor en un 33.23% que el flexible, la metodología AASHTO, al permitirnos menores espesores de capa que otras metodologías, teniendo en cuenta variables como el periodo de diseño de estudio que en esta ocasión es de 20 años y el análisis de costos y mantenimiento por eso es más económico en el corto plazo en el tramo Cambio Puente - Chimbote - 2021, resultados que coinciden en cuanto su economía con Betouli, Bienvenu y Mostafavi (2017), en muestras de autopista de Miami, llegó a la conclusión de que el pavimento flexible tiene costos iniciales más bajos que el rígido, por otro lado Espinoza (2018) en el estudio: Diseño de pavimentos flexibles y rígidos por la metodología AASHTO, en Ecuador, concluyó que los pavimentos flexibles son más económicos en la medida que posean espesores mínimos según su ESAL, periodo de diseño más largo mayor a 20 años, subrasante mejorada o muy buena hacia adelante, drenaje de óptima calidad, entre las variables más importantes. Un estudio realizado en Polonia por Skrzypczak, Radwanski y Pytlowany (2018), respecto al factor técnico y durabilidad, reportaron que se prefiere los pavimentos flexibles antes que los rígidos ya que ofrecen ventajas como su economía, fortalecimiento a través del comportamiento del tráfico, por otra parte, la durabilidad y capacidad de concreto hacen menos costoso el mantenimiento y operación haciendo un diseño de vida prolongado.

Estudios nacionales como el de Ramírez y Zavaleta (2017) en su investigación: que tuvo como objetivo comparar el diseño de un firme rígido, semirrígido con bloquetas de concreto y flexible bajo la metodología AASHTO 93, en Trujillo-La Libertad, concluyó que económicamente el pavimento flexible se ajusta mejor a la zona intervenida, resultando en un 41% más costoso que el pavimento flexible inclusive un 9% más que el semirrígido. Por otro lado, la investigación a cargo de Yovera (2018), realizado en Tambogrande - Piura. Concluyó que el firme flexible es 11.68% más económico que el pavimento rígido y lo mismo sucede con el articulado quien es 11.85% más barato, de manera que para la opción desde el punto de vista técnico-económico el pavimento rígido sería lo aconsejable. Pérrigo (2018) en su estudio realizado en el acceso al nuevo puerto de Yurimaguas (km 1+ 000 a 2+ 000)", con un diseño de firmes tanto flexible como rígido utilizando en ambos la metodología AASHTO, determinándose para tal fin una comparación económica entre ambos pavimentos llegó a la conclusión de que el costo de construir un pavimento rígido es mayor en un 4.8% más que al del pavimento flexible, precisa que es importante realizar una evaluación no solo en el aspecto constructivo sino además tener en cuenta los costos sobre operación y mantenimiento en el lapso diseñado para la vida útil con la finalidad de decidir cuál es la mejor opción rentablemente en el tiempo, mencionamos también a Gallardo y Pescoran (2019), en su estudio: determinó un costo de un millón cuatrocientos sesenta y ocho mil seiscientos veinte con 67/100 soles (S/ 1'468,620.67) y para el diseño estructural del pavimento rígido un costo de dos millones ciento cincuenta y dos mil seiscientos setenta y cuatro con 75/100 soles (S/ 2'152,674.75). resultando un costo de ejecución inicial del pavimento rígido mayor en un 31% del costo del pavimento flexible. También cabe mencionar a Castillo y Castro (2020) en Análisis comparativo de costos entre el diseño estructural de un pavimento flexible con un pavimento rígido en Sechura - Piura. Diseñando ambos pavimentos según la metodología AASHTO, se concluye que el pavimento flexible posee una diferencia económica de S/. 771,756.80 como precio de ejecución menor al pavimento rígido, estudios referentes los cuales coinciden con nuestro estudio acerca de lo económico que resulta la ejecución en sus inicios del pavimento flexible vs el pavimento rígido, comprobándose nuestra hipótesis de investigación que el pavimento flexible es el más adecuado económicamente para aumentar el mejoramiento de la transitabilidad en el tramo de investigación.

## **VI. CONCLUSIONES.**

Los estudios de topografía reportaron un terreno plano con un declive longitudinal menor al 3%, por lo que presenta ausencia de mayores dificultades de trazado, ya que se ubica en la zona urbana costera, el IMDA encontrado mediante el estudio de tráfico fue de 198 veh/día, correspondiendo a una carretera de bajo transitabilidad.

Mediante los estudios de suelos se presentó un suelo (GW) grava bien graduada, mezclas de grava-arena con pocos finos, (SM), que corresponde a arenas limosas, mezclas de arena y limo, respecto a la metodología AASHTO, como A-1-a (0) fragmentos de roca, grava y arena y A-2-4 (0), como grava con arena y limos, es preciso mencionar que el CBR promedio al 95% fué de 27.00% el cual corresponde a una subrasante muy buena.

Respecto al diseño del pavimento flexible para el sector comprendido entre km 0+000 al km. 3+850, se obtuvo una carpeta asfáltica de 5 cms y una capa base granular de 15 cms, teniendo en cuenta que para el tramo crítico del km. 3+850 al km. 4+400, se logró obtener una carpeta asfáltica de 5 cms, una base de 15 cms y una subbase de 15 cms, referente al pavimento rígido un espesor de losa de concreto de 15 cms y capa base granular de 15 cms.

Respecto el análisis económico, el pavimento rígido tuvo un presupuesto total de S/ 6,128,937.91 y el pavimento flexible un presupuesto total de S/ 4,092,507.24 por lo que el pavimento más adecuado económicamente es el flexible ya que el costo de ejecución inicial del pavimento rígido es mayor en un 33.23% que el flexible, bajo la metodología AASHTO.

Muchos estudios referentes, coinciden con nuestro estudio, comprobándose nuestra hipótesis de investigación que el pavimento flexible es el más adecuado económicamente en la ejecución inicial que el pavimento rígido para aumentar el mejoramiento de la transitabilidad en el tramo de investigación.

## **VII. RECOMENDACIONES.**

Es importante tomar en cuenta la topografía del estudio para la toma de perfiles de manera longitudinal y transversal en la cantidad necesaria, así mismo considerar el estudio de tráfico teniendo en cuenta el IMDA y las cargas equivalentes según diseño de pavimento, además de factor influyente en el diseño geométrico de carreteras contribuyendo a determinar la sección transversal más adecuada, pendientes longitudinales máximas admisibles, longitud, calidad estructural del pavimento; entre otros.

Es necesario hacer hincapié, que debe realizarse un nuevo estudio de tráfico, postpandemia puesto que el que se realizó se hizo en tiempos de confinamiento y en horarios de restricción vehicular debido al COVID-19.

Se recomienda utilizar el diseño del pavimento flexible por ser desde el punto de vista técnico-económico más beneficioso en su ejecución inicial considerando las variables de diseño para el pavimento flexible, teniendo en cuenta que existen dos diseños según tramos y resultados del estudio de mecánica de suelos para el pavimento en cuestión.

Realizar estudios comparativos de estos pavimentos bajo el enfoque de otras metodologías, con el fin de proponer un diseño más óptimo, así mismo tener en cuenta en el análisis económico no solo en la fase inicial de ejecución sino en la etapa de mantenimiento en todo el periodo de diseño del pavimento para de esta manera elegir la mejor alternativa rentable-económicamente durante la vida útil del pavimento.

## REFERENCIAS

ALISJAHBANA, Sofía, ALISJAHABANA, Irene, KIRYU, Shota & GAN, Buntara. Semi-analytical solution of a rigid pavement under a mobile load in a Kerr foundation model por Alisjahbana, Revista de vibroingeniería, [en línea]. march 2018. 20 (5): 2165-2174, [Fecha de consulta: 29 de abril de 2020]. Available in: <https://doi.org/10.21595/jve.2018.20082> ISSN: 25388460

AZAÑA, Elizabeth. Análisis comparativo entre pavimento rígido y flexible en la vía urbanización el Pinar – Centro Poblado de Mariam, Independencia, Huaraz - 2018. Tesis (Ingeniería civil). Huaraz: Universidad César Vallejo, Perú, 2018.

Disponible en:

[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26315/Aza%c3%b1a\\_VE.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26315/Aza%c3%b1a_VE.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Albitres JOHE “Estudio de tráfico para su mejoramiento de la carretera Yura – peaje Patahuasi, parte de la ruta nacional pe – 34a, arequipa”2019. Tesis (Ingeniería civil). Huacho: universidad nacional José Faustino Sánchez Carrión. Disponible <http://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/UNJFSC/3264/ALBITRES%20SALINAS%20JOHE%20ALEXANDER.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Araujo y Sánchez Diseño de la carretera a nivel de pavimento flexible entre los centros poblados Jatanca y Chascarrape, San Pedro de Lloc – La Libertad-2019 Tesis (Ingeniería civil). La libertad: Universidad Cesar Vallejo Disponible [http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/43175/Coronel\\_A%c3%8dG-S%c3%a1nchez\\_RPH.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/43175/Coronel_A%c3%8dG-S%c3%a1nchez_RPH.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

BATOULI, Mostafa, BIENVENU, Michael & MOSTAFAVI, Ali. Putting Sustainability Theory Into Road Design Practice: Implementing LCA and LCCA Analysis for Pavement Type Selection in Real-World Decision Making. ScienceDirect, [en línea]. vol. 52, parte. A, 2017, [Fecha de consulta: 29 de abril de 2020]. Available in: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2017.02.018> ISSN: 13619209

CHAMBI, Marco y ISIDRO, 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. Tesis (Ingeniería civil). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, Perú, 2017.

Disponible

en

[file:///C:/Users/maxel/Downloads/Chambi\\_Chambilla\\_Marco\\_Antonio\\_Isidro\\_Chagua\\_Rolando.pdf](file:///C:/Users/maxel/Downloads/Chambi_Chambilla_Marco_Antonio_Isidro_Chagua_Rolando.pdf)

CHÁVEZ, Alexander. Análisis comparativo entre pavimento flexible y pavimento rígido en el tramo Mullaca a Chavín, Huaraz - 2018. Tesis (Ingeniería civil). Huaraz: Universidad César Vallejo, Perú, 2018. Disponible en: [file:///C:/Users/maxel/Downloads/Chavez\\_VAR%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/maxel/Downloads/Chavez_VAR%20(1).pdf)

EVE. Pavimentos, Inspección a nivel de proyecto de evaluación, determinación del número de unidades de prueba a ser inspeccionados, 2016. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2020]. Disponible en: <http://libro-pavimentos.blogspot.com/2016/>

Haider Syed [et al]. Recalibration of mechanical-empirical rigid pavement performance models and evaluation of the thermal flexible pavement crack model. Conducted in cooperation with the U.S. Department of Transportation, [en línea]. 2017, pp. 2-87. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2020]. Available in:

[https://www.researchgate.net/profile/Michele\\_Lanotte/publication/324115232\\_Recalibration\\_of\\_Mechanistic-Empirical\\_Rigid\\_Pavement\\_Performance\\_Models\\_and\\_Evaluation\\_of\\_Flexible\\_Pavement\\_Thermal\\_Cracking\\_Model\\_Final\\_Report/links/5abe9209f7e9bfc0459a6b2/Recalibration-of-Mechanistic-Empirical-Rigid-Pavement-Performance-Modelsand-Evaluation-of-Flexible-Pavement-Thermal-Cracking-Model-Final-Report.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Michele_Lanotte/publication/324115232_Recalibration_of_Mechanistic-Empirical_Rigid_Pavement_Performance_Models_and_Evaluation_of_Flexible_Pavement_Thermal_Cracking_Model_Final_Report/links/5abe9209f7e9bfc0459a6b2/Recalibration-of-Mechanistic-Empirical-Rigid-Pavement-Performance-Modelsand-Evaluation-of-Flexible-Pavement-Thermal-Cracking-Model-Final-Report.pdf)

HERNÁNDEZ, Roberto Y MENDOZA, Christian. *Metodología de Investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta*, 2018. México: McGraw- Hill. Disponible en: <http://virtual.cuautitlan.unam.mx/rudics/?p=2612> ISBN: 9781456260965714

HURTADO, Randy. Análisis comparativo entre pavimento Flexible y rígido para uso en ruta cantonal de El Guarco. Tesis (Ingeniería civil). 2016. El Guarco: Instituto Tecnológico de Costa Rica, Costa Rica.

Disponible

en:

[file:///C:/Users/maxel/Downloads/Analisis\\_comparativo\\_pavimento\\_flexible\\_rigido\\_uso\\_ruta\\_cantonal\\_guarco.pdf](file:///C:/Users/maxel/Downloads/Analisis_comparativo_pavimento_flexible_rigido_uso_ruta_cantonal_guarco.pdf)

JIMENEZ, Madeleine y VALVERDE, Magna. Diseño comparativo entre pavimento

flexible y rígido en el tramo de Pariahuanca – San Miguel de Aco, Ancash 2018.

Tesis (Ingeniería civil). Huaraz: Universidad César Vallejo, Perú, 2018.

Disponible en:

[http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26758/Jimenez\\_RMB\\_Valverde\\_OMV.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/26758/Jimenez_RMB_Valverde_OMV.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. Diseño de pavimentos, [en línea]. vol. 1, 2014, p. 1-154. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2020].

Disponible en:

[http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2016/LP014/DISCO\\_1/17%20Volumen%201%20F%20Dise%C3%B1o%20Pavimentos.pdf](http://gis.proviasnac.gob.pe/expedientes/2016/LP014/DISCO_1/17%20Volumen%201%20F%20Dise%C3%B1o%20Pavimentos.pdf)

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES (Perú). Mantenimiento o conservación vial. [en línea]. 2018 p. 366. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2020].

Disponible en:

[https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_9%20MCV-2014\\_2016.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_9%20MCV-2014_2016.pdf)

YANG, X., YOU, Z., HILLER, J. & WATKINS, D. sensitivity of flexible pavement design to Michigan weather inputs using ME pavement design. Journal of Pavement Engineering, [en línea]. vol. 18, núm. 7, 2017, p. 622-632. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2020].

Available in: <https://doi.org/10.1080/10298436.2015.1105373> DOI:

101080/1029843620151105373

PARERA, Albert. Pavimentos flexibles y pavimentos rígidos. UNIFORT pavimentos industriales, [en línea]. 2019. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2020].

Disponible en: <https://www.unifort.es/pavimentos-industriales/pavimentos-flexiblespavimentos-rigidos/>

PAREDES, Fernando. y DELGADO, Jorge. Análisis comparativo de pavimento flexible y rígido para la reparación de las calles del centro del Distrito de Tarapoto. Tesis (Ingeniería civil). Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín, 2019.

Disponible en:

<http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3351/CIVIL%20-%20Fernando%20Paredes%20Vela%20%20%26%20Jorge%20Jersson%20Delgado%20Mego.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

QIU, Tan, KANG, F., LIANG, L. & CHI, Z. Responses of snow-melting airfield rigid pavement under aircraft loads and temperature loads and their coupling effects por Qiu Tan [et al]. Transportation Geotechnics, [en línea]. vol. 14, 2018, p. 107-116. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2020].

Available in: <https://doi.org/10.1016/j.trgeo.2017.11.006>

ISSN: 22143912

SIVAPRIYA, Vijayasimhan y GANESH, Shamugam. Beneficios funcional y económico de los geosintéticos como refuerzo de subrasante en el diseño de pavimento flexible. Revista facultad de ingeniería, [en línea]. vol. 28, núm. 51, abriljunio 2019, [Fecha de consulta: 29 de abril de 2020]. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.19053/01211129.v28.n51.2019.9082> ISSN: 01211129

SKRZYPCZAK, Isabela, RADWANSKI, Wojciech & PYTLOWANY, Tomasz. Durability vs technical - the usage properties of road pavements. [en línea]. E3S Web of Conferences 45, vol. 45, núm. 6, july 2018, p. 226-233. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2020].

Available in: [https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2018/20/e3sconf\\_infraeko2018\\_00082.pdf](https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2018/20/e3sconf_infraeko2018_00082.pdf)

DOI: 101051/e3sconf/20184500082

VALDÉS, Lilibet y ALONSO, Anadelys. Catálogo de deterioros de pavimentos flexibles en aeropuertos para Cuba. [en línea]. Revista de arquitectura e ingeniería, vol. 11, núm. 2, agosto, 2017, pp. 1-11. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2020].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1939/193954081002.pdf>

ISSN: 19908830

Vargas Jiménez [et al]. La geomalla como elemento de refuerzo en pavimentos flexibles. Ingeniería, [en línea]. vol. 21, núm. 1, 2017, P. 63-71. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2020].

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46752305006>

ISSN: 24488364

VEGA, Lizbett. Análisis comparativo entre pavimento rígido y flexible en la vía Taricá – Pariahuanca, Carhuaz – Ancash 2018. Tesis (Ingeniería civil). Huaraz: Universidad César Vallejo, Perú, 2018.

Disponible en: [file:///C:/Users/maxel/Downloads/Vega\\_BLI%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/maxel/Downloads/Vega_BLI%20(1).pdf)

YOVERA, Cristián. Análisis comparativo de los pavimentos flexible, rígido y articulado para la avenida Ignacia Schaeffer – Distrito de Tambogrande- Departamento de Piura. Tesis (Ingeniería civil). Piura: Universidad Nacional de Piura, Perú, 2018.

Disponible en: <file:///C:/Users/maxel/Downloads/CIV-YOV-ADA-2018.pdf>

ZAMBRANO, W. Diseño estructural de pavimentos. [en línea]. 1ª ed. Ecuador: UTMACH, 2016. [Fecha de consulta: 4 de abril de 2020].

Disponible en:

<file:///C:/Users/maxel/Downloads/44%20DISE%C3%91O%20ESTRUCTURAL%20DE%20PAVIMENTOS.pdf> ISBN:

9789978316313

# **ANEXOS**

## ANEXO 1: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

**Tabla 18:** Matriz de operacionalización de variables.

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de medición
Pavimento rígido	El pavimento rígido se integra por una capa de concreto de cemento portland que se apoya en una capa de base, constituida por grava; esta capa descansa en una capa de suelo compactado, llamada subrasante. (Qiu, Kang, Liang y Chi, 2018)	El pavimento rígido se mide con la condición del pavimento el periodo del diseño, bajo la metodología AASHTO	Diseño del pavimento rígido	Estudios de trafico	Nominal
				Mecánica de suelos	Razón/Nominal
				Topografía	Nominal
				Factores de diseño del pavimento rígido.	Nominal
			Económico	Costo del proyecto	Nominal
				Presupuesto del proyecto	Nominal
Pavimento flexible	El pavimento flexible cuenta con recubrimiento encima de una superficie de principio granular, la partición de presión y alteraciones en la armazón por los pesos de rueda del tránsito se da de tal forma que las capas de reabastecimiento y base atraen la rigidez vertical de comprensión del terreno de fundación por medio de la absorción de presión cizallantes. (Valdés y Alonso, 2017).	El pavimento flexible se mide con la dimensión diseño y económico, bajo la metodología AASHTO	Diseño del pavimento flexible	Estudios de trafico	Nominal
				Mecánica de suelos	Razón Nominal
				Topografía	Nominal
				Factores de diseño del pavimento flexible	Nominal
			Económico	Costo del proyecto	Nominal
				Presupuesto del proyecto	Nominal

**Elaboración:** Propia



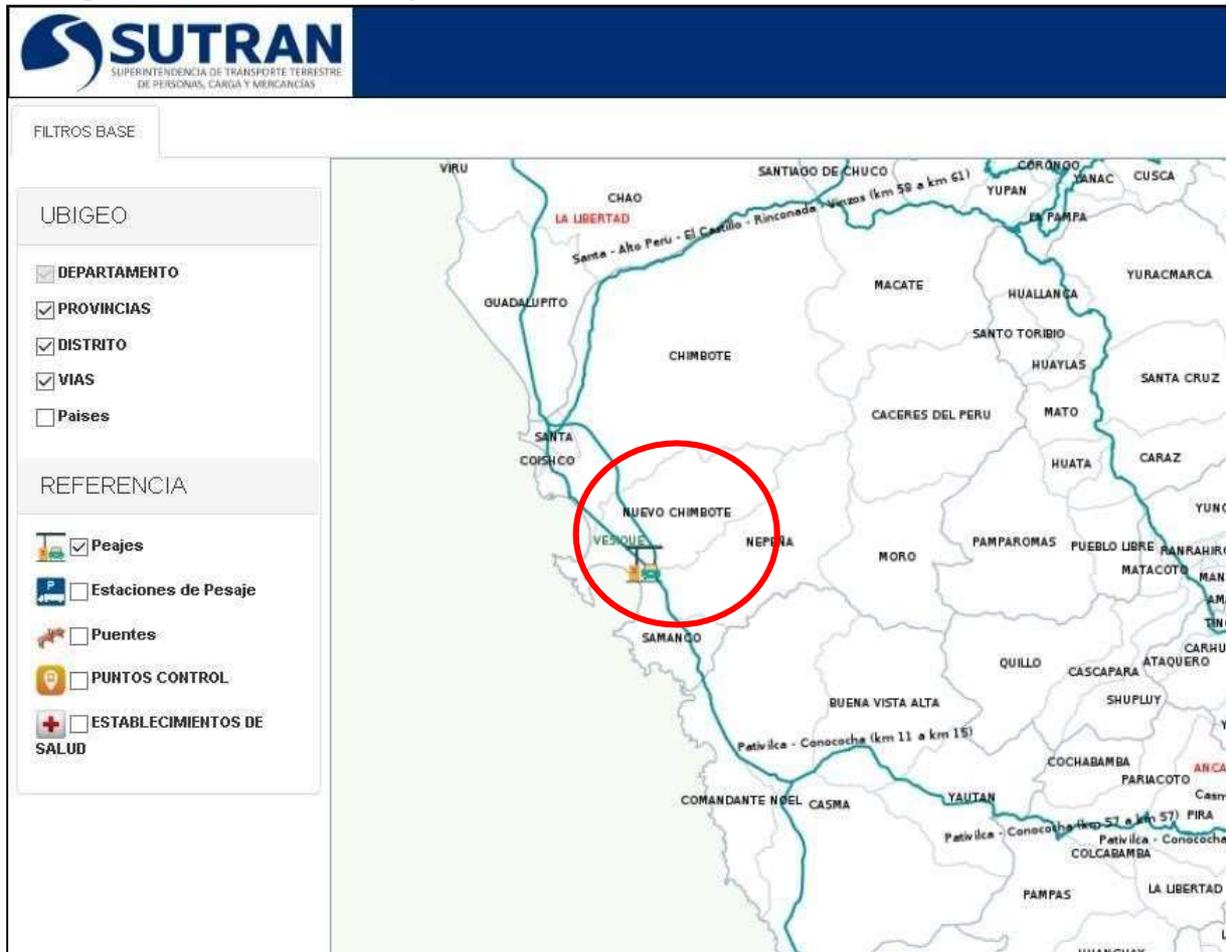
**Tabla N°20:** Ubicación de los factores de corrección estacional según el tipo de vehículo, peaje y mes de estudio.

<b>Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)</b>												
N°	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
		Ligeros	Ligeros	Ligeros								
		FC	FC	FC								
70	TOMASIRI	0.9857	0.9170	1.0642	1.0853	1.1028	1.0928	1.0370	0.9984	0.9003	1.0377	1.0434
71	TUNAN	1.0782	1.0585	1.1034	1.0103	1.0405	1.0399	0.8655	0.8521	0.9794	0.9803	1.1159
72	UNION PROGRESO	1.0447	1.0363	1.0948	1.0397	1.0254	1.0172	0.9599	0.9337	0.9674	1.0156	1.0481
73	UTCUBAMBA	1.2615	1.0304	1.0861	1.0957	1.0591	1.0235	0.9403	0.8986	0.9387	0.9666	0.9829
74	VARIANTE DE PASAM	0.9446	0.9314	1.0413	0.9953	1.0835	1.1120	0.9454	0.9962	1.0777	0.9899	1.0378
75	VARIANTE DE UCHUM	0.7271	0.6706	1.0249	1.1471	1.1965	1.1952	1.1283	1.0842	1.1307	1.1457	1.1340
76	VESIQUE	0.8541	0.8934	1.0456	1.0853	1.1403	1.1558	1.0155	1.0827	1.1187	1.0027	1.0222
77	VIRU	1.0216	0.9810	1.0936	1.0639	1.1199	1.1221	0.9508	1.0231	1.0946	0.9628	0.9888
78	YAUCA	0.8963	0.8050	1.0503	1.0220	1.1199	1.1231	0.9580	0.9940	1.0611	1.0581	1.1286
<b>Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2016)</b>												
Código	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
		Pesados	Pesados	Pesados								
		FC	FC	FC								
70	TOMASIRI	0.9707	0.9200	1.0234	1.0693	1.0587	1.0722	1.0633	1.0043	0.9636	0.9993	0.9996
71	TUNAN	1.0667	1.0665	1.0946	1.0642	0.9824	0.9383	0.9359	0.9286	0.9760	0.9695	1.0221
72	UNION PROGRESO	1.1490	1.1263	1.0698	1.0555	1.0314	1.0245	0.9767	0.9104	0.9079	0.9712	0.9732
73	UTCUBAMBA	1.1972	1.0385	1.0281	1.0362	1.0103	0.9780	0.9674	0.9217	0.9488	0.9731	0.9745
74	VARIANTE DE PASAM	0.9887	0.9310	0.9776	1.0407	1.0175	0.9947	1.0313	1.0007	1.0627	1.0236	0.9889
75	VARIANTE DE UCHUM	1.0098	0.9718	1.0488	1.0730	1.0687	1.0488	1.0203	0.9727	0.9680	0.9544	0.9535
76	VESIQUE	1.0350	0.9958	1.0528	1.0910	1.0936	1.0812	1.0585	1.0182	1.0308	0.9303	0.9137
77	VIRU	1.0480	1.0102	1.0629	1.0926	1.0942	1.0887	1.0686	1.0210	1.0220	0.9200	0.8925
78	YAUCA	1.0357	0.9909	1.0322	1.0391	1.0356	1.0435	1.0345	0.9875	0.9833	0.9602	0.9350
Información al 2017.												
Nota: Los valores presentados, son susceptibles a ser actualizados periódicamente por la OPMI-MTC, sin incurrir en actualización de la Ficha Técnica Estándar.												

Fuente: MTC.

**Interpretación:** Se determinó que los factores de corrección tanto de vehículos ligeros como pesados para la zona de estudio fue de: FCE V. Ligeros: 1.0222 y FCE V. Pesados: 0.9137

Figura 6: Ubicación del Peaje más cercano al tramo.



Fuente: SUTRAN <http://sig.sutran.gob.pe/mapas/mapa.php> Peaje-"VESIQUE"

**Figura 07.** Estudio de tráfico para pavimento flexible y pavimento rígido



**Figura 08.** Estudio de tráfico para pavimento flexible y pavimento rígido



### ANEXO 3: LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO.

Figura 9: Documentación de puntos de BM's.



Tabla N°21: Puntos de control mediante estación total Es-105

PUNTO	Norte (X)	Este (Y)	Altitud m.s.n.m	Descripción
BM1	9007926.84	764739.67	50.62	BM
BM2	9007544.20	764398.98	47.10	BM
BM3	9007489.35	764366.59	46.37	BM
BM4	9007346.62	764295.21	45.55	BM
BM5	9007336.42	764298.03	45.43	BM
BM6	9006283.17	763778.45	40.67	BM
BM7	9006277.04	763781.94	40.90	BM
BM8	9006004.50	763290.50	35.52	BM
BM9	9005989.74	763276.94	35.14	BM
BM10	9005604.09	762793.85	33.06	BM
BM11	9005610.01	762796.33	32.80	BM
BM12	9005660.45	762614.27	30.93	BM
BM13	9005682.46	762581.81	30.92	BM
BM14	9005808.92	762469.88	30.49	BM
BM15	9005818.25	762460.60	30.43	BM
BM16	9005818.83	762365.57	29.73	BM
BM17	9005928.54	762346.94	29.28	BM
BM18	9007966.57	764764.02	50.56	BM

Fuente: Levantamiento Topográfico -

Elaboración: Propia.

**Figura 10.** Alineamientos con el teodolito



**Figura 11.** Alineamientos con el teodolito tramo Cambio Puente



## ANEXO 3: RESULTADOS DEL LABORATORIO.

a) Estudio de suelos Fotos de calicatas.

# INFORME DE SUELOS

## PROYECTO

**"ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO  
RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE, EN EL TRAMO  
CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE"**



**ING. ERNESTO CASTAÑEDA CRUZALEGUI**  
C.I.P. 93553  
Reg. Computar C-4483

### UBICACIÓN:

DISTRITO : CHIMBOTE  
PROVINCIA : DEL SANTA  
REGION : ÁNCASH

## INDICE

1. MEMORIA DESCRIPTIVA.
  - 1.1. INTRODUCCION
2. SITUACION ACTUAL
3. OBJETIVO
4. MARCO LEGAL
5. UBICACIÓN DEL PROYECTO.
  - 5.1. LOCALIZACIÓN.
  - 5.2. VIAS DE ACCESO.
  - 5.3. CLIMA Y TEMPERATURA.
  - 5.4. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO
6. INVESTIGACIONES EFECTUADAS
7. EXPLORACIÓN DE CAMPO Y ENSAYOS DE LABORATORIO
  - 7.1. TRABAJOS DE CAMPO
    - 7.1.1. CALICATAS
    - 7.1.2. MUESTREO DISTURBADO
    - 7.1.3. REGISTRO DE EXCAVACIONES
  - 7.2. ENSAYOS DE LABORATORIO.
    - 7.2.1. ENSAYOS ESTANDAR
    - 7.2.2. ENSAYOS ESPECIALES
  - 7.3. CLASIFICACION DE SUELOS.
8. DESCRIPCION DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO.
9. PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO
  - 9.1. ANALISIS DE TRFICO
  - 9.2. PARAMETROS DE DISEÑO
  - 9.3. DETERMINACION DEL NUMERO ESTRUCTURAL

9.4. DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO

9.5. ESTRUCTURA CALCULADA

9.6. ESTRUCTURA PROPUESTA

9.7. PROCESO CONSTRUCTIVO

10. ANALISIS QUIMICO

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

12. ANEXOS.

PANEL FOTOGRAFICO.

ANALISIS GRANULOMETRICO.

DENSIDADES MAXIMAS Y MINIMAS.

CALCULO DE CAPACIDAD PORTANTE.

  
INGENIERO CONSTRUCTOR CIUDAD LEÓN  
C.I.P. 93533  
Reg. Consultor C5493

## 1. MEMORIA DESCRIPTIVA

### 1.1. INTRODUCCIÓN

Con la finalidad de realizar el proyecto denominado: "ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE, EN EL TRAMO CAMBIO PUENTE – CHIMBOTE" que ha sido solicitado por la MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL SANTA", se realizó el presente estudio de Mecánica de Suelos a fin de proporcionar los datos sobre las características Físico-Mecánicas del suelo que sirvan para el diseño de la cimentación de dicho proyecto.

## 2. SITUACIÓN ACTUAL

Atendiendo lo solicitado, el Equipo de Mecánica de Suelos se constituyó al lugar de obra verificando que existe la presencia de edificaciones de adobe y tapial, además cuenta con servicios de agua, alcantarillado, y de energía eléctrica. Por lo que el estudio se realizó en la zona donde se proyectara las pistas y veredas.

## 3. OBJETIVO

El presente estudio de suelos tiene como objetivo principal proporcionar la información técnica necesaria sobre las propiedades físicas y mecánicas del subsuelo donde se desarrollará la obra: "ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE, EN EL TRAMO CAMBIO PUENTE – CHIMBOTE" que ha sido solicitado por la MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL SANTA"

El estudio fue realizado por medio de trabajos de exploración de campo y ensayos de laboratorio, necesarios para definir el perfil estratigráfico del área en estudio, proporcionando las recomendaciones necesarias.

Para alcanzar el objetivo principal, previamente se requiere lograr los siguientes objetivos secundarios:

- ✓ Elaboración de un estudio geológico superficial de la zona, que sirva de marco para las investigaciones geotécnicas.
- ✓ Realización de los ensayos estándares de laboratorio de mecánica de suelos y ensayos especiales.
- ✓ Interpretación de los resultados de las investigaciones geotécnicas de campo y los ensayos

  
ING. ERNESTO CASTRUEÑA CUDALAGA  
C.I.P. 93333  
Reg. Colegiado C5483

de laboratorio.

- ✓ Interpretación de los resultados de las investigaciones geotécnicas de campo y los ensayos de laboratorio.

#### 4. MARCO LEGAL

Se ha empleado la norma AASHTO para la investigación y muestreo de suelos y para rocas recomienda la aplicación de la norma T 86-90 que equivale a la ASTM D420-69; para el presente manual, se aplicará para todos los efectos el procedimiento establecido en las normas MTC E101, MTC E102, MTC E103 y MTC E104, que recoge los mencionados alcances de AASHTO y ASTM.

El presente estudio está sujeto a la Normas Peruanas del Ministerio de Transportes y Comunicaciones NTP- EG-2013 y EM-2016 vigentes, y las normas ASTM y AASHTO que en ella se mencionan, así como las normas USBR para los casos no contemplados por las anteriores. Se ha considerado de forma referencial las propuestas incluidas en ponencias a congresos referidas a las normas para vías urbanas, las mismas que hasta la fecha no se encuentran aprobadas a nivel nacional. Las especificaciones técnicas de construcción para las capas de base y sub base deberán ser las correspondientes a las Normas EG-2013 y EM-2016 del Ministerio de Transportes y comunicaciones.

Complementariamente el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (DG-2018) del MTC rige en todo aquello, aplicable, que no es considerado en el Manual para el Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito.

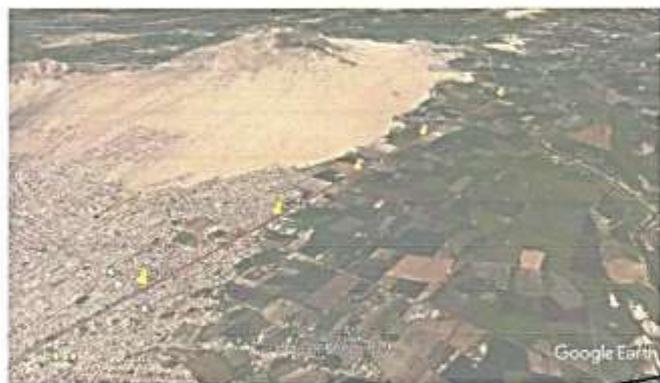
  
ING. ENRIQUE CASTRO CHAZA  
C.I.P. 93533  
Reg. Consultor C5493

## 5. UBICACIÓN DEL PROYECTO

El presente proyecto se encuentra localizado en el cuadrángulo de Chimbote, según la carta nacional, Chimbote es uno de los 13 Distritos de la provincia del Santa. El proyecto Se encuentra ubicado a una altitud aproximada de 30 msnm, con coordenadas UTM 17L 8998571.00 m E, 8998567.00 m S

### 5.1. LOCALIZACIÓN:

Región : Ancash  
Provincia : Del Santa  
Distrito : Chimbote  
Localidad : Chimbote



UBICACIÓN DE CALICATAS

  
ING. ERNESTO CASTAÑEDA CRUZALEGUI  
C.I.P. 90533  
Reg. Consultor C5493

**5.2. VÍAS DE ACCESO:**

Para llegar al Centro Poblado de Cambio Puente se sigue el siguiente recorrido: Desde la ciudad de Chimbote, se puede tomar la movilidad que va desde la ciudad de Chimbote – 7min, estos carros siguen el siguiente recorrido:

Vía Chimbote – Cambio Puente:

**5.3. CLIMA Y TEMPERATURA:**

El clima en el tramo en estudio es "desierto". Durante el año, virtualmente no hay lluvia. Este clima es considerado BWh según la clasificación climática de Köppen-Geiger. La temperatura media anual en Chimbote se encuentra a 18.7 °C. Hay alrededor de precipitaciones de 41 mm. El mes más seco es mayo, con 1 mm de lluvia. La mayor parte de la precipitación aquí cae en febrero, promediando 9 mm

La altitud aproximada en la zona de desarrollo del proyecto es de 30 a 31 m.s.n.m.

**5.4. Características del Proyecto**

El proyecto contempla el mejoramiento de la red vial de tránsito que corresponde al CODIGO RUTA AN 104, El Carmen – Cambio Puente.

En una longitud de 5.00 km. se realizará la evaluación del terreno de fundación en las zonas correspondiente a la intersección entre Carmen – Cambio Puente.

  
ING. ENRIQUE CASTRILLA CRUZALEGUA  
C.I.P. 93533  
Reg. Consultor C2483

**6. ALCANCES DEL ESTUDIO**

El presente Informe técnico y el trabajo desarrollado tiene por finalidad:

- 6.1 Determinar las propiedades físico-mecánicas de los materiales del terreno de fundación, estableciendo su comportamiento para resistir los esfuerzos que serán transmitidos por las solicitaciones de cargas vehiculares con la finalidad de realizar el mantenimiento de la estructura del pavimento flexible del proyecto.
- 6.2 En una longitud medida en campo de 5.00 km. se realizará la evaluación de la rasante existente colocando una capa de afirmado cuyas características a cumplir son de material para BASE, el mismo que será colocado sobre el material de terreno

existente en todo lo largo del tramo a razón de mejorar la transitabilidad de la vía de acceso.

## **7. INVESTIGACIONES EFECTUADAS**

### **7.1 Trabajos en el Campo**

#### **7.1.1 Calicatas.**

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales del terreno de fundación se llevaron a cabo las investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios (calicatas) de 1.00m x 1.00m aproximadamente a "cielo abierto" de 1.50m de profundidad mínima, dichas calicatas tiene como finalidad la de verificar y determinar el perfil estratigráfico del área en estudio, para lo cual se ha realizado 05 calicatas a lo largo del tramo, calicatas distribuidas convenientemente en toda la longitud de la vía en estudio, alcanzando la siguiente profundidad.

CALICATA	PROFUNDIDAD
C-1	1.50m
C-2	1.50m
C-3	1.50m
C-4	1.50m
C-5	1.50m

  
ING. ENSELYO DASTRACIA CRUZ LEGUI  
C.P. 33533  
Reg. Consultor C5483

#### **7.1.2 Muestreo Disturbado**

Se tomaron muestras disturbadas de cada uno de los estratos de suelos encontrados a lo largo del tramo y en cantidad suficiente para realizar los ensayos estándar de clasificación e identificación.

#### **7.1.3 Registro de Excavaciones**

Paralelamente al muestreo se realizó el registro de cada una de las calicatas, anotándose las principales características de los tipos de suelos encontrados, tales como: espesor, humedad, plasticidad, color, etc.

### **7.2 Ensayos de Laboratorio**

Las muestras representativas fueron sometidas a los siguientes ensayos, siguiendo las normas establecidas por la American Society for Testing and Materials (ASTM).

**7.2.1 Ensayos Estándar:** Con las muestras representativas extraídas se realizaron los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D-422)
  - Contenido de humedad (ASTM D-2216)
  - Límite líquido (ASTM D-423)
  - Límite plástico (ASTM D-424)
- (Ver Resultados de los Ensayos de Laboratorio en Anexo)

M. ENRIQUE CASTAÑO OSUNA  
 C.I.P. 91533  
 2015 Consultor C-4483

**7.2.2 Ensayo Especiales:** Se realizó el siguiente ensayo:

- California Bearing Ratio CBR (ASTM D 1883).

**Clasificación de Suelos**

Los suelos se han clasificado de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), según se muestra en el siguiente CUADRO N° 01

**CUADRO N° 01 – Tramo: El Carmen – Cambio Puente**

CAL.	EST.	PORCENTAJE RETENIDO (%)													LÍMITES DE ATTERBERG			CLASIFIC.	
		3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 100	LL%	LL%	IP%	SUCS	AASHTO	
C-1	E-3	100	88.57	89.58	81.58	84.88	48.08	44.03	40.2	32.87	25.87	12.78	4.41	NP	NP	NP	OW	A-1-a(0)	
De 0.40m. a -1.50m.		GRAVA		87.11.00%				ARENA			30.12%		LIMO y/o ARCILLA		2.70%				
C-2	E-3	100	100	100	88.07	84.87	56.98	48.97	45.42	38.31	29.75	12.14	3.95	NP	NP	NP	OW	A-1-a(0)	
De 0.40m. a -1.50m.		GRAVA		81.00%				ARENA			38.31%		LIMO y/o ARCILLA		2.00%				
C-3	E-2	100	100	100	95.4	78.34	71.41	63.94	57.11	48.42	37.88	18.73	5.58	NP	NP	NP	OW	A-1-a(0)	
De 0.25m. a -1.50m.		GRAVA		51.50%				ARENA			44.50%		LIMO y/o ARCILLA		3.00%				
C-4	E-3	100	100	100	100	100	100	100	87.24	83.21	88.23	88.25	45.25	NP	NP	NP	SM	A-2-4(0)	
De 0.25m. a -1.50m.		GRAVA		8.00%				ARENA			80.20%		LIMO y/o ARCILLA		32.74%				
C-5	E-2	100	100	100	78.08	73.73	72.64	68.58	67.12	61.72	49.48	38.18	16.33	NP	NP	NP	SM	A-1-a(0)	
De 0.10m. a -1.50m.		GRAVA		38.20%				ARENA			48.07%		LIMO y/o ARCILLA		13.80%				

**8. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO**

Con los resultados de laboratorio y muestreo in-situ se dedujo la siguiente conformación del subsuelo: (Ver ANEXO – PERFIL ESTRATIGRAFICO):

- El suelo de fundación está conformado por una capa de material del tipo afirmado en un espesor que varía de 0.10m a 0.40 m, luego subyace entre las calicatas C-1 a C-3 grava bien

gradadas, de color gris a beige claro, de consistencia semicompacto, de humedad media, de compresibilidad muy baja a baja, de características muy permeable a permeable, hasta la profundidad de estudio de 1.50m. y entre las calicatas C-4 a C-5 arena limosa con grava, de color marrón, de compresibilidad baja a media, de características permeable a semipermeable, hasta la profundidad de estudio de 1.50m (Ver Anexo – Perfil Estratigráfico), no se ubicó el nivel freático en la zona en estudio. Se indica a su vez que a lo largo del tramo en intervención la carpeta asfáltica existente se encuentra muy deteriorada y fragmentada de mal estado vial.

- Los suelos de fundación estudiados según la clasificación AASHTO están clasificados como suelos del tipo, A-1a(0) y A-2-4(0), que de acuerdo al cuadro 4.11 Categoría de Sub rasante del Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos R.D. N° 10-2014 – MTC/14 es considerado como terreno de fundación (Sub rasante) en la categoría Muy Buena

**Cuadro 4.11**  
**Categoría de Sub Rasante**

Categoría de Sub Rasante	CBR
S <sub>0</sub> : Sub rasante Inadecuada	CRB < 3%
S <sub>1</sub> : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Sub rasante Excelente	CBR < 30%

M. ENRIQUE CASTAÑEDA ENCABALLERA  
 C.I.P. 93333  
 Ing. Consultor CMR3

Del valor CBR evaluado a la muestra perteneciente al terreno de fundación cuya clasificación AASHTO es más crítica y que corresponde a la calicata C - 4, se obtuvo:

- Valor de CBR al 100% es 39.40 % a 0.1" de penetración.
- Valor de CBR al 95% es 27.70 % a 0.1" de penetración

## **9. PROCEDIMIENTO PARA EL DISEÑO ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO**

Para definir la estructura del pavimento de las calles y pasajes en estudio, se ha empleado el método AASHTO 1993, en concordancia con las características de drenaje de la zona, tipo de sub rasante y materiales a utilizar.

Teniendo en cuenta el método adoptado, los parámetros que intervienen en el diseño de la estructura del pavimento son:

- Carga equivalente por eje
- Vida útil del pavimento

- Calidad de los materiales componentes de la estructura de pavimento
- Drenaje.
- Módulo de Resiliencia.

### 9.1 Análisis del Tráfico

El análisis de tráfico permitirá estimar la demanda vehicular en el horizonte del proyecto, como un elemento fundamental en el cálculo del diseño de la infraestructura vial. Para las calles y pasajes en estudio el volumen de tráfico proyectado que soportará la estructura del pavimento será en su mayoría ligero y se ha estimado un número de repeticiones de carga equivalente por eje igual (E.A.L.):

$$E.A.L. = 1.404 \times 10^6$$

### 9.2 Parámetros de Diseño

Teniendo en cuenta la categoría de la vía a pavimentar se determinó los siguientes parámetros de diseño:

- |                                       |                       |
|---------------------------------------|-----------------------|
| ■ Período de Diseño                   | = 10 años             |
| ■ E.A.L.                              | = $1.404 \times 10^6$ |
| ■ -Desviación Estándar (So)           | = 0.45                |
| ■ Servicialidad (P)                   | = 2.0                 |
| ■ Nivel de Confianza                  | = 75%                 |
| ■ CBR (sub-rasante).                  | = 27.7%               |
| ■ Módulo de Resiliencia (sub-rasante) | = 14,809.52 PSI       |

### 9.3 Determinación del Número Estructural

Para la determinación del número estructural se aplicará la ecuación de diseño siguiente:

  
**ING. ERNESTO CASTAÑEDA CRUZALEGUI**  
 C.I.P. 93593  
 Reg. Consultor C5493

$$\log W_{18} = Z_r S_r - 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 - \frac{\log \left( \frac{\Delta PSI}{4.7 - 1.5} \right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{2.15}}} - 2.32 \log(M_v) - 8.07$$

Ecuación AASHTO 93	
Tipo de Pavimento <input checked="" type="checkbox"/> Pavimento flexible <input type="checkbox"/> Pavimento rígido	
Confianza (β) y Desviación estándar (σ) [ 75 % 2σ = 0.674 ]    1σ [ 0.45 ]	
Sensibilidad inicial y final PSI inicial [ 4 ]    PSI final [ 2 ]	
Módulo resiliente de la subbase M <sub>r</sub> [ 14079.52 ] psi	
Información adicional para pavimentos rígidos	
Módulo de elasticidad del concreto - Es (psi)	Coefficiente de fricción de capas - (f)
Módulo de elasticidad del concreto - Sc (psi)	Coefficiente de drenaje - (C <sub>d</sub> )
Tipo de Análisis	
<input checked="" type="checkbox"/> Calcular SN <b>W18 = [ 1404111.60 ]</b>	
<input type="checkbox"/> Calcular W18 <b>SN = [ 2.53 ]</b>	
Número Estructural	
<input type="checkbox"/> Calcular SN <b>SN = [ 2.53 ]</b>	
<input type="checkbox"/> Calcular W18	
<input type="button" value="Calcular"/> <input type="button" value="Salir"/>	

Luego, utilizando el nomograma de diseño para pavimentos flexibles método AASHTO, el número estructural (SN) corregido para diseño es:

$$SN = 2.53$$

ING. ERNESTO CASTAÑEDA CRUZALEM  
 C.I.P. 93633  
 Reg. Colegiador CS493

#### 9.4. Dimensionamiento de la Estructura del Pavimento

Determinado el número estructural, la estructura del pavimento se realiza por tanteos, asignando dimensiones a cada una de las capas consideradas y calculando en función a estas y a la calidad de los materiales empleados un coeficiente estructural, los números estructurales parciales, los que sumamos deben satisfacer el valor total requerido.

Los espesores de las capas finales deben cumplir con determinados valores mínimos, por razones constructivas, de tráfico, de tipo estructural y por razones de material de sub rasante.

Para la estructuración del pavimento, el método proporciona la siguiente expresión:

$$SNr = a_1 D_1 + a_2 m_1 D_2 + a_3 m_2 D_3 \quad \dots \dots \dots (1)$$

- SNr : Número estructural requerido.
- a1, a2, a3 : Coeficientes estructurales de los materiales.
- m1, m2 : Coeficiente de drenaje de los materiales granulares.
- D1, D2, D3 : Espesores asumidos de las capas.

Características de los materiales:

Coefficiente estructural del concreto asfáltico (a1)	: 0.46 /pulg
Coefficiente estructural de la capa base (a3) (CBR≥80%)	: 0.14/pulg
Coefficiente estructural de la capa sub base (a2) (CBR≥40%)	: 0.12/pulg
Coefficiente de drenaje de la capa base (m2)	: 1.30
Coefficiente de drenaje de la capa sub base (m1)	:

En base a las características físicas del terreno de fundación más crítico ubicado entre el tramo km 3+850 al km 4+400 se ha calculado los espesores que satisfacen los números estructurales requeridos siendo estos los siguientes:

Concreto asfáltico	: 2.00 Pulg.
Capa Base (CBR≥80%)	: 6.00 Pulg.
Capa Sub Base (CBR≥40%)	: 6.00 Pulg.

#### 9.5. Estructura Calculada

De acuerdo a los parámetros de diseño y considerando una alternativa económica, la estructura del pavimento flexible elegido para una vida útil de 10 años es el siguiente:

Concreto asfáltico	: 5.00 Cm.
Capa Base (CBR≥80%)	: 15.00 Cm.
Capa Sub Base (CBR≥40%)	: 15.00 Cm.

#### 9.6 Estructura Propuesta

La estructura propuesta para el tramo en evaluación se ha dividido de acuerdo a las propiedades físicas del terreno de fundación y al prisma vial existente (Material con características de Base y Sub Base granular), indicándose lo siguiente:

##### TRAMO 1: km 0+000 al km 3+850

Tipo de Suelo de Fundación: GW

Espesor de Prisma vial existente: 0.20m a 0.35m

Las características físicas del terreno de fundación encontradas subyacente al prisma vial existente indican un suelo del tipo GW (gravas bien gradadas) cuyo valor referencial del CBR (Fuente: UNI FIC-CISMID) es considerado como excelente, por lo cual no es necesario colocar una capa de Subbase, quedando

ING. ERNESTO CASTAÑEDA CRUZALEDA  
C.I.P. 93533  
Reg. Consultor CS493

propuesta lo siguiente:

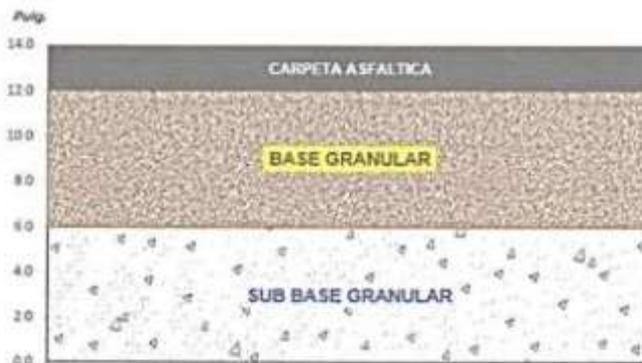
Concreto asfáltico : 5.00 Cm.  
Capa Base (CBR $\geq$ 80%) : 15.00 Cm.



#### TRAMO 2: km 3+850 al km 4+400

Tipo de Suelo de Fundación: SM Espesor de Prisma vial existente: 0.10m

Concreto asfáltico : 5.00 Cm.  
Capa Base (CBR  $\geq$ 80%) : 15.00 Cm.  
Capa Sub Base (CBR  $\geq$  40%): 15.00 Cm.



#### 9.7 Proceso Constructivo

El procedimiento para la construcción del pavimento flexible es el siguiente:

Cortar el terreno en un espesor de 0.15m.(tomando como referencia el nivel de cota de rasante existente), se humedecerá el terreno con el apoyo de camión cisterna,



perfilar y proceder a su compactación respectiva, la misma que debe de alcanzar el 95% de la máxima densidad seca del ensayo Proctor modificado, para el **TRAMO 2** (km 3+850 – km 4+400), el corte se realizara en un espesor de 0.35m con respecto a la cota existente de rasante, compactándose la subrasante al 95% de la máxima densidad seca del ensayo Proctor modificado, luego se colocara un material de tipo afirmado para Sub Base cuyas propiedades físicas serán aceptables, y compactado al 100% de la máxima densidad seca de su ensayo Proctor modificado.

Se colocará el material de Base granular sobre la capa de anterior compactada y aprobada correspondiente, quedando luego de su proceso de compactación en 0.15m. de espesor y en la cota que indica el proyecto, dicha capa deberá alcanzar el 100% de la Máxima Densidad Seca del ensayo Proctor Modificado, el material de Base granular deberá tener un CBR mayor o igual al 80%.

Se limpiará la capa de Base empleando una barredora mecánica, sopladora mecánica, escobas, y/o cualquier implemento de limpieza que cumpla dicha función, dicho trabajo se realizará previo a la colocación de la imprimación. Se procederá a imprimir la superficie de la capa de Base terminada considerándose la cantidad por m<sup>2</sup> de material bituminoso, la cual debe estar comprendida entre 0,7 a 1,5 lt/m<sup>2</sup> para una penetración dentro de la capa de Base granular de apoyo de 5 mm a 7 mm. El área imprimada debe airearse, sin ser arenada por un término de 24 horas, o hasta que esta haya penetrado completamente en la superficie de la base, Cualquier exceso de material bituminoso que quede en la superficie después de tal lapso de penetración deberá ser retirado usando arena u otro material que lo absorba.

Aprobada la imprimación se procederá a la colocación de la carpeta asfáltica en caliente en un espesor de 5.0 cm., la misma que deberá llegar a obra con una temperatura entre 145°C y 150°C para proceder a su compactación inicial empleando rodillo tándem vibratorio, para proceder a la compactación intermedia empleando rodillo neumático la temperatura deberá estar entre 95°C y 115°C. para luego proceder a su compactación final con Rodillo tándem vibratorio usado en modo estático, en un rango de temperatura entre 85°C y 95°C.

#### 10.0 ANALISIS QUIMICO

Los resultados del análisis físico-químico efectuado con las muestras representativas del subsuelo, muestran los siguientes resultados:



## 11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Estudio Técnico con fines de Pavimentación corresponde al proyecto: "ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE, EN EL TRAMO CAMBIO PUENTE – CHIMBOTE - 2020 DISTRITO DE CHIMBOTE ROVINIA DE SANTA, DEPARTAMENTO DE ANCASH", dicho proyecto se ubica en el distrito de Chimbote.

- Las investigaciones geotécnicas realizadas corresponden a trabajos de campo, ensayos de laboratorio y análisis cuyos resultados se han presentado en el presente informe, los cuales indican que el suelo está conformado por una capa de material del tipo afirmado en un espesor que varía entre 0.10m a 0.40 m, luego subyace entre las calicatas C-1 a C-3 grava bien gradadas, de color gris a beige claro, de consistencia semicompacto, de humedad media, de compresibilidad muy baja a baja, de características muy permeable a permeable, hasta la profundidad de estudio de 1.50m. y entre las calicatas C-4 a C-5 arena limosa con grava, de color marrón, de compresibilidad baja a media, de características permeable a semipermeable, hasta la profundidad de estudio de 1.50m (Ver Anexo – Perfil Estratigráfico), no se ubicó el nivel freático en la zona en estudio. Se indica que a lo largo del tramo en intervención existen sectores con presencia de carpeta asfáltica deteriorada y fragmentada de mal estado vial (Ver Anexo – Perfil Estratigráfico), no se ubicó el nivel freático en la zona en estudio.
- De acuerdo a los parámetros de diseño y considerando una alternativa económica, la estructura del pavimento flexible elegido para una vida útil de 10 años es la siguiente:

### **TRAMO 1: km 0+000 al km 3+850**

Tipo de Suelo de Fundación: GW

Espesor de Prisma vial existente: 0.20m a 0.35m Concreto: asfáltico:  
5.00 Cm.

  
DR. ERNESTO CASTAÑEDA CRUZALEJO  
C.I.P. 93533  
Reg. Consultor C5493

**TRAMO 2: km 3+850 al km 4+400**

Tipo de Suelo de Fundación: SM Espesor de Prisma vial existente: 0.10m

Concreto asfáltico : 5.00 Cm.

Capa Base (CBR $\geq$ 80%) : 15.00 Cm.

Capa Sub Base (CBR $\geq$ 40%): 15.00 Cm.

- Se recomienda realizar un control de calidad de todos los materiales a utilizarse en la conformación de los terrapienes. El material de afirmado a emplearse como capas de Base deberá cumplir con los siguientes requerimientos físicos:

**Granulometría (Base y sub Base) CUADRO N° 01**

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso			
	Gradación	Gradación	Gradación	Gradación
	A	B	C	D
90 mm (2")	100	100	—	—
25 mm (1")	—	75 – 85	100	100
9.5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4.75 mm (N° 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2.00 mm (N° 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
0.42 mm (N° 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
0.075 mm (N° 200)	2 – 8	5 – 15	5 – 15	8 – 15

Para altitudes mayores a los 3000 msnm, la granulometría tendrá que cumplir con la gradación A

Además, deberá cumplir:

Ensayo	Norma MTC	Requerimiento	
		Sub Base	Base
Índice de Plastoidad	MTC E 111	6 % máx.	4 % máx.
Equivalente de Arena	MTC E 114	25 % mín.	35 % mín.
Abrasión	MTC E 207	50 % máx.	40 % máx.
CBR (1)	MTC E 132	40 % mín.	80 % mín.
Sales solubles		1 % máx.	0.55 % máx.
Partículas chatas y alargadas	MTC E 211	20 % máx.	15 % máx.

(1) Referido al 100% de la Máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.55mm).

Se recomienda el empleo de cemento Tipo I para la elaboración de concreto que contemplé el proyectista. Asimismo, los agregados a emplear para los vaciados deberán estar libres de materiales orgánico y/o basura, recomendándose que el agregado grueso tenga un T.M.N. de  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{3}{4}$  ", así como el agregado fino no deberá superar el 5% de finos en su composición.

La estructura del pavimento para la vía en estudio estar conformada de la siguiente manera:

**Sub rasante:** para las zonas donde el corte llegue a la cota de terreno de fundación se compactará el terreno de fundación al 95 %, de la Densidad máxima Seca del Ensayo Proctor Modificado, obligatoriamente se realizará el control de compactación de acuerdo a lo indicado en el EG 2013.

**Sub Base:** Para las zonas donde el corte llegue a la cota de terreno de fundación se colocara una capa de Sub Base de espesor de 0.15 compactado al 100%, de la Densidad máxima Seca del Ensayo Proctor Modificado, obligatoriamente se realizará el control de compactación de acuerdo a lo indicado en el EG 2013.

**Capa Base Granular:** El material granular seleccionado será de cantera del tipo A-

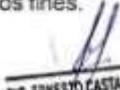
1a (0), con un espesor compactado de 0.15 m., según lo indicado en el acápite 5.5 del presente informe, Su grado de compactación mínimo será del 100% de la Densidad máxima Seca del Ensayo Proctor Modificado, obligatoriamente se realizará el control de compactación de acuerdo a lo indicado en el EG 2013.

**Superficie de Rodadura:** La superficie de rodadura estará constituida por un concreto asfáltico en caliente de 0.05m de espesor.

- Se recomienda en todos los casos eliminar o revestir cualquier fuente importante de filtración que fuera indispensable mantener en la zona, con el fin de evitar el humedecimiento del suelo y facilitar su desecación, se deberá de proteger las zonas de contacto como

la zona, con el fin de evitar el humedecimiento del suelo y facilitar su desecación, se deberá de proteger las zonas de contacto como jardines, de tal manera que el agua no afecte a la estructura del pavimento.

- Los controles y especificaciones técnicas para el control de los trabajos deberán estar de acuerdo a las Normas de diseño y Especificaciones para la Construcción de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (EG 2013).
- El resultado del presente informe es válido solamente para el proyecto: **"ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE, EN EL TRAMO CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - 2020 DISTRITO DE CHIMBOTE ROVINIA DE SANTA, DEPARTAMENTO DE ANCASH"**, este estudio no es aplicable para otros sectores o para otros fines.

  
ING. ERNESTO CASTAÑEDA CRUZALEGUI  
C.I.P. 93533  
Reg. Consultor C5493

**PROYECTO** : PROYECTO ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE, EN EL TRAMO CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - 2020  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION DE ANCASH.  
**SOLICITA** : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL SANTA  
**FECHA** : FEBRERO - 2020  
**CALICATA** : C-01  
**MUESTRA** : M-I

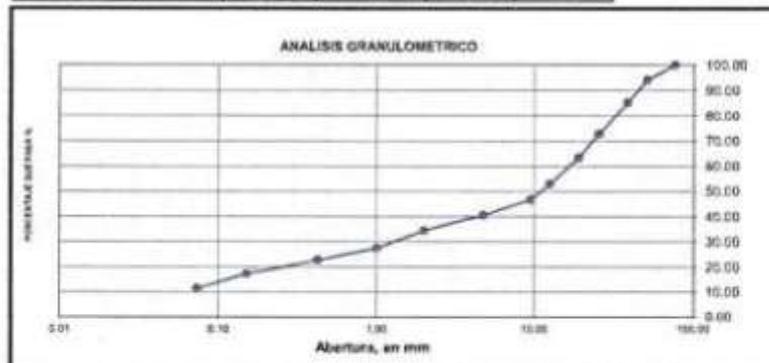
**NAPA FREÁTICA** : NO PRESENTA  
**ESPESOR DE ESTRATO** : 1.42 m.  
**PROFUNDIDAD DE CALICATA** : -1.50 m.

### RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

#### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Malla	Abertura [mm]	Peso retenido [gr]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
		Peso Inicial Seco. [gr]			
		2520.000			
		Peso Final Seco. [gr]			
		2235.560			
3"	76.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	145.92	5.79	5.79	94.21
1 1/2"	38.100	225.20	8.94	14.73	85.27
1"	25.400	315.56	12.56	27.29	72.71
3/4"	19.050	239.88	9.40	36.69	63.31
1/2"	12.500	269.46	10.67	47.36	52.64
3/8"	9.500	151.28	6.00	53.27	46.73
Nº 4	4.750	156.94	6.22	59.48	40.52
Nº 10	2.000	158.56	6.29	65.77	34.23
Nº 20	1.000	172.86	6.86	72.64	27.36
Nº 40	0.425	117.12	4.65	77.29	22.71
Nº 100	0.150	141.12	5.60	82.89	17.11
Nº 200	0.074	147.84	5.87	88.75	11.25
< Nº 200	---	263.44	11.25	100.00	0.00

**ING. EDWIN CASTELLANA CRUZALEGUA**  
 C.I.P. 93333  
 Reg. Consultor C-54893



Grava (%) = 59.48      Arena (%) = 29.27      Finos (%) = 11.25

$D_{10} = 0.07$        $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 242.86$        $C_c = \frac{(D_{30})^3}{D_{10} \cdot D_{60}} = 1.65$   
 $D_{30} = 1.40$   
 $D_{60} = 17.00$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	GP-GC	GRAVA PODRIMENTE GRADUADA ARCILLOSA
AASHTO	A-1-b	FRAGMENTOS DE PIEDRA GRAVA Y ARENA

PROYECTO : "PROYECTO "ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE, EN EL TRAMO CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - 2020"

UBICACIÓN : DISTRITO DE CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION DE ANCASH

SOLICITA : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL SANTA

FECHA : FEBRERO - 2020

CALICATA : C-01

PROFUNDIDAD DE LA CALICATA : -1.50 mL

MUESTRA : M1

NAPA FREATICA : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espesor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Tipo de extracción	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	LL (w%)	LP (w%)
1.50	0.10	CALICATA	MUESTRA A CIELO ABIERTO	Obs-01		RELLENOS NO CONTROLADOS	.	.	.	.	.
	1.40			Mob-1		<p><b>FRAGMENTOS DE PIEDRA GRAVA Y ARENA</b> Estrato formado por arenas, limas y gravas, presencia de bolonería de hasta 12", estado del suelo medianamente denso, El color predominante es rojizo claro</p> <p>De los ensayos de laboratorio resulto lo siguiente: 59.48 % de Grava 29.27 % de arena de grano uniforme 11.25 % de finos no plásticos</p>	GP-GC	A-1-b	13.32	24.00	4.40

  
**ING. ERNESTO CASTAÑEDA CRUZALEGUI**  
 C.I.P. 93533  
 Reg. Consultor CS493

**2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBER (ASTM - D4318)**

Procedimiento	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	CONSISTENCIA
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03	Tara Nº 04	
1. No de Golpes	33	24	15	--	LL = 24.00
2. Peso Tara, [gr]	18.63	18.87	16.82	20.250	
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	46.62	43.62	45.70	32.150	LP = 19.60
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	41.50	38.86	38.68	30.200	
5. Peso Agua, [gr]	5.32	4.56	6.02	1.950	IP = 4.40
6. Peso Suelo Seco, [gr]	22.87	18.99	22.86	9.950	
7. Contenido de Humedad, [%]	23.266	24.013	26.334	19.598	

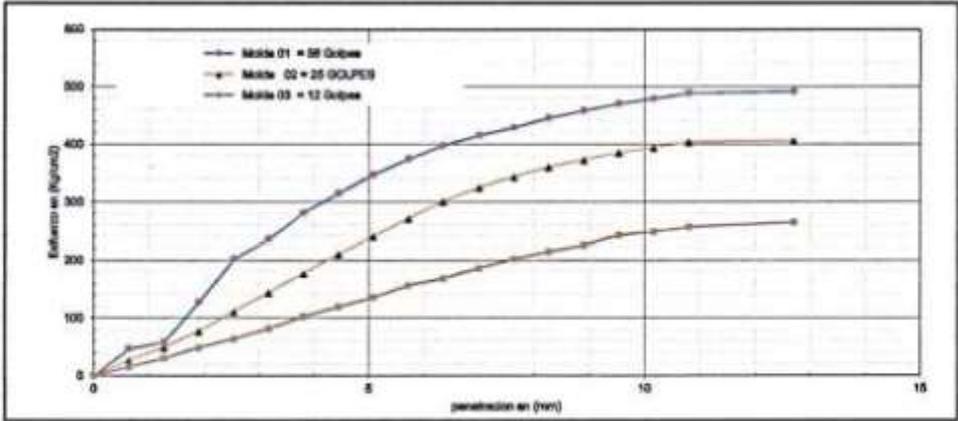


  
**ING. ENRIQUE CASTAÑEDA CRUZALEBA**  
**C.I.P. 93333**  
**Reg. Consultor C5493**

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Tara No.01	Tara No.02	
1. Peso Tara, [gr]	29.300	31.402	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	260.80	259.18	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	251.40	232.33	
4. Peso Agua, [gr]	29.40	26.83	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	222.10	200.83	Promedio
6. Contenido de Humedad, [%]	13.24	13.41	13.32

**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
ASTM D-1883

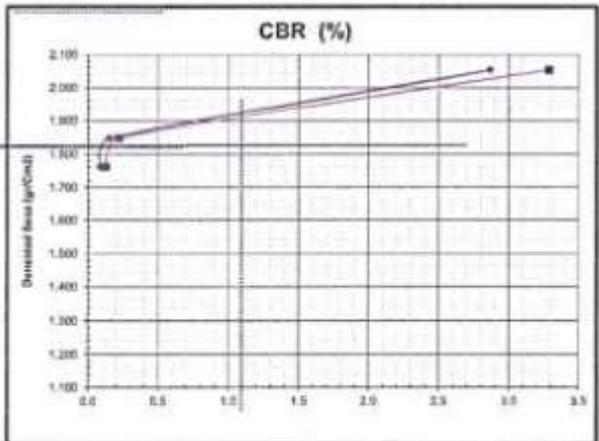
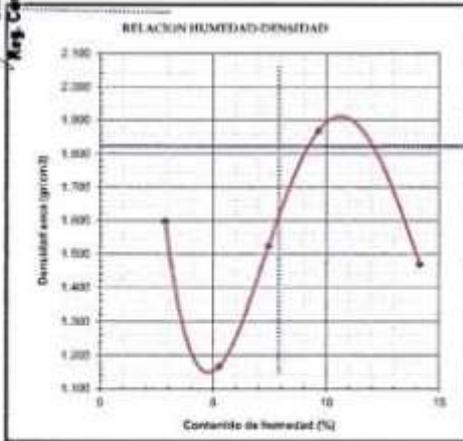


**ING. ERNESTO CASTAÑEDA CHAVEZ**  
**C.I.P. 93533**  
**Arg. Consultor CS483**

CBR (0.1%) 2.9%  
 CBR (0.2%) 3.3%  
 EC = 34 GOLPES

CBR (0.1%) 0.2%  
 CBR (0.2%) 0.2%  
 EC = 25 GOLPES

CBR (0.1%) 5.1%  
 CBR (0.2%) 5.1%  
 EC = 12 GOLPES



CLASIFICACION (SUCS) = SW-SM  
 CLASIFICACION (AASHTO) = A-1b(0)  
 METODO DE COMPACTACION = ASTM D6987  
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) = 1.98  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 9.8

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1%	0.92	0.2%
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1%	0.10	0.2%

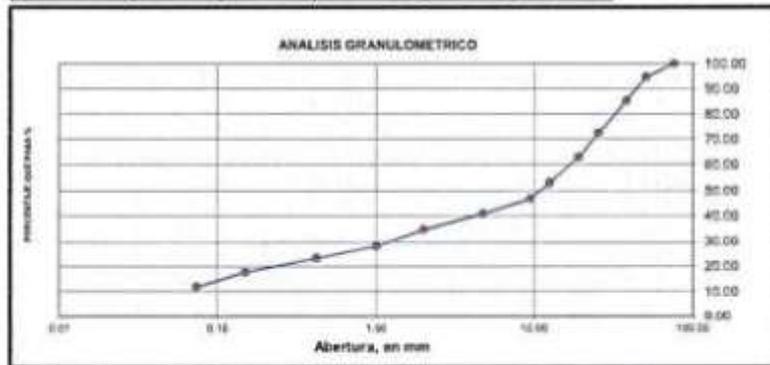
**PROYECTO** : PROYECTO: ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE, EN EL TRAMO CARRIO PUENTE - CHIMBOTE - 2020  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION DE ANCAH  
**SOLICITA** : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL SANTA  
**FECHA** : FEBRERO - 2020 **NAPA FREÁTICA** : NO PRESENTA  
**CALICATA** : C-02 **ESPESOR DE ESTRATO** : 1.40 m.  
**MUESTRA** : M-1 **PROFUNDIDAD DE CALICATA** : -1.50 m.

**RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO**

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)**

Malla	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% RETENIDO	% Pasado	% peso
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	130.02	5.18	5.18	94.82
1 1/2"	38.100	240.91	9.57	14.75	85.25
1"	25.400	320.20	12.75	27.50	72.50
3/4"	19.050	241.30	8.61	37.10	62.90
1/2"	12.500	250.42	8.97	47.07	52.93
3/8"	9.500	154.23	5.14	53.21	46.79
Nº 4	4.750	148.56	5.91	59.12	40.88
Nº 10	2.000	157.30	6.26	65.38	34.62
Nº 20	1.000	167.20	6.66	72.04	27.96
Nº 40	0.425	116.25	4.71	76.75	23.25
Nº 100	0.150	140.26	5.58	82.33	17.67
Nº 200	0.074	145.29	5.78	86.11	11.89
< Nº 200	—	298.59	11.89	100.00	0.00

  
**ING. ERNESTO CASTAÑEDA CRUZALEGUI**  
 C.I.P. 93333  
 Reg. Consultor C5493



Grava (%) = 59.12    Arena (%) = 28.99    Finos (%) = 11.89

$D_{10} = 0.07$      $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 257.14$      $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} = 1.34$   
 $D_{30} = 1.30$   
 $D_{60} = 18.00$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	GP-GC	GRAVA POBREMENTE GRADUADA ARCILLOSA
AASHTO	A-1-b	FRAGMENTOS DE PIEDRA GRAVA Y ARENA

PROYECTO : 'PROYECTO: 'ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE, EN EL TRAMO CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - 2020'

UBICACIÓN : DISTRITO DE CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION DE ANCASH.

SOLICITA : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL SANTA

FECHA : FEBRERO - 2020

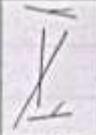
CALICATA : C-02

PROFUNDIDAD DE LA CALICATA : -1.50 mt

MUESTRA : M-1

NAPA FREATICA : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espesor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Tipo de extracción	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
-1.50	0.10	CALICATA	MUESTRA A CIELO ABIERTO	Obs-01		RELLENOS NO CONTROLADOS	.	.	.	.	.
	1.40			Mab-1		<b>FRAGMENTOS DE PIEDRA GRAVA Y ARENA</b> Estrato formado por arenas, limos y gravas, presencia de bolonería de hasta 12", estado del suelo medianamente denso. El color predominante es rojizo claro  De los ensayos de laboratorio resultado lo siguiente: 59.12 % de Grava 28.99 % de arena de grano uniforme 11.89 % de finos no plásticos	GP-GC	A-1-b	11.14	24.20	4.60

ING. ERNESTO CASTAÑEDA CRUZALEDA  
 C.I.P. 93533  
 Reg. Consultor C5493

**2. LÍMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBERG (ASTM - D4318)**

Procedimiento	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	CONSISTENCIA
	Tara Nº 01	Tara Nº 02	Tara Nº 03	Tara Nº 04	
1. No de Golpes	33	24	15	-	<b>LL = 34.30</b>
2. Peso Tara, [gr]	18.63	19.67	16.62	20.250	
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	48.82	43.42	45.70	32.150	<b>LP = 19.60</b>
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	41.41	38.86	39.68	30.200	
5. Peso Agua, [gr]	5.41	4.56	6.02	1.950	<b>IP = 4.60</b>
6. Peso Suelo Seco, [gr]	22.78	18.99	22.86	9.950	
7. Contenido de Humedad, [%]	23.753	24.013	26.334	19.588	

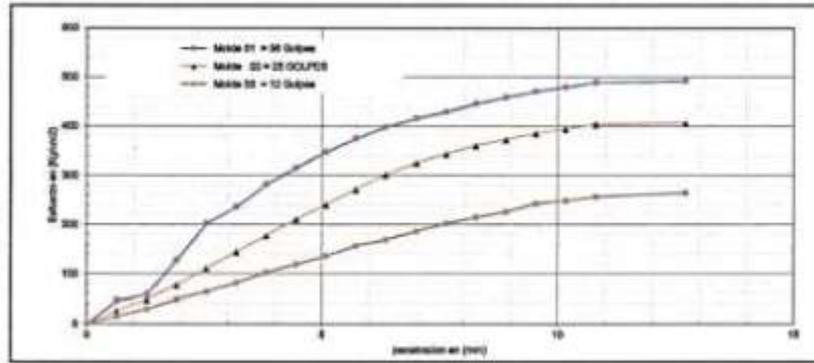


**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02	
1. Peso Tara, [gr]	29.300	31.402	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	290.80	259.16	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	260.30	232.23	
4. Peso Agua, [gr]	29.50	26.93	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	231.00	200.83	Promedio
6. Contenido de Humedad, [%]	<b>8.87</b>	<b>13.41</b>	<b>11.14</b>

**ING. EDUARDO CASTAÑEDA CRUZALEGUA**  
**C.I.P. 93533**  
**Reg. Consultor C-5483**

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
ASTM D-1553

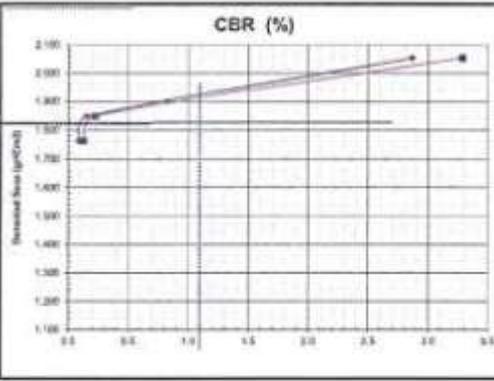
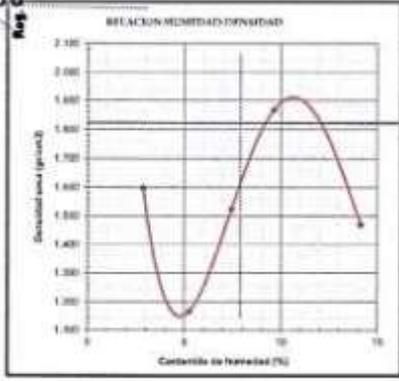


ING. ENRIQUE CASTAÑEDA CHIGALERA  
C.I.P. 93533  
Mag. Consultor CS493

CBR (a=1) 2.3%  
CBR (a=1) 3.3%  
EC = 30 GOLPES

CBR (a=1) 0.2%  
CBR (a=1) 0.2%  
EC = 25 GOLPES

CBR (a=1) 0.1%  
CBR (a=1) 0.1%  
EC = 12 GOLPES



CLASIFICACION (SUIC) = SW-AM  
CLASIFICACION (AASHTO) = A-1901  
METODO DE COMPACTACION = ASTM D1557  
MAXIMA DENSIDAD STCA (g/cm³) = 1.92  
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 9.8

CBR AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1%	0.92	0.2%
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1%	0.10	0.2%

**PROYECTO** : PROYECTO: ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE, EN EL TRAMO CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - 2020  
**UBICACION** : DISTRITO DE CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION DE ANCASH  
**SOLICITA** : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL SANTA  
**FECHA** : FEBRERO - 2020  
**CALICATA** : C-03  
**MUESTRA** : M-1

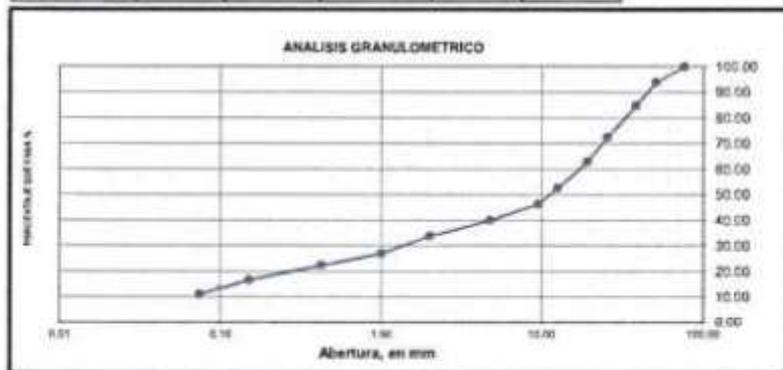
**NAPA FREATICA** : NO PRESENTA  
**ESPESOR DE ESTRATO** : 1.00 m.  
**PROFUNDIDAD DE CALICATA** : -1.10 m.

### RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

#### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, (gr)		2531.470			
Peso Final Seco, (gr)		2256.910			
Medas	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	160.48	6.34	6.34	93.66
1 1/2"	38.100	226.30	9.02	15.36	84.64
1"	25.400	314.25	12.41	27.77	72.23
3/4"	19.050	237.88	9.40	37.17	62.83
1/2"	12.500	266.45	10.53	47.70	52.30
3/8"	9.500	154.28	6.09	53.79	46.21
N° 4	4.750	157.64	6.23	60.02	39.98
N° 10	2.000	159.56	6.30	66.32	33.68
N° 20	1.000	171.86	6.79	73.11	26.89
N° 40	0.425	115.12	4.55	77.66	22.34
N° 100	0.150	143.12	5.65	83.31	16.69
N° 200	0.074	147.84	5.84	89.15	10.85
< N° 200	—	274.56	10.85	100.00	0.00

**ING. EMILIO CASTAÑEDA CRUZALEGUI**  
**C.I.P. 93533**  
**Reg. Consultor C5493**



Grava (%) = 60.02      Arena (%) = 29.14      Finos (%) = 10.85

$$D_{10} = 0.07 \quad C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 271.43 \quad C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \cdot D_{60}} = 1.69$$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	GP-GC	GRAVA POSIVAMENTE GRADUADA ARCILLOSA
AASHTO	A-1-b	FRAGMENTOS DE PIEDRA GRAVA Y ARENA

PROYECTO : 'PROYECTO: 'ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE, EN EL TRAMO CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - 2020'

UBICACIÓN : DISTRITO DE CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION DE ANCASH.

SOLICITA : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL SANTA

FECHA : FEBRERO - 2020

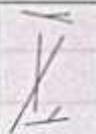
CALICATA : C-03

PROFUNDIDAD DE LA CALICATA : -1.10 m.

MUESTRA : M4

NAPA FREATICA : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

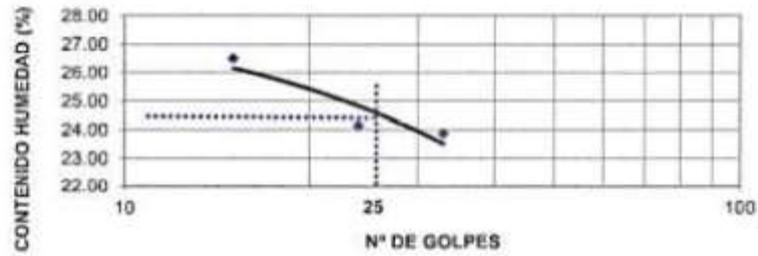
Profundidad total (metros)	Espesor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Tipo de extracción	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	L.L. (w%)	I.P. (w%)
-1.10	0.10	CALICATA	MUESTRA A CIELO ABIERTO	Obs-01		RELLENOS NO CONTROLADOS	.	.	.	.	.
	1.00			Mab-I		<b>FRAGMENTOS DE PIEDRA GRAVA Y ARENA</b> Estrato formado por arenas, limos y gravas, presencia de bolonería de hasta 12", estado del suelo medianamente denso. El color predominante es rojo claro  De los ensayos de laboratorio resulto lo siguiente: 60.02 % de Grava 29.14 % de arena de grano uniforme 10.85 % de finos no plásticos	GP-OC	A-1-b	12.27	24.50	4.90

  
**ING. ERNESTO CASTAÑEDA CRUZALEGUI**  
 C.I.P. 93533  
 Reg. Consultor C5493

## 2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBERG (ASTM - D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	CONSISTENCIA
	Tara N° 01	Tara N° 02	Tara N° 03	Tara N° 04	
1. No de Golpes	33	24	15	—	LL = 24.50
2. Peso Tara, [gr]	18.03	18.87	18.82	20.250	
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	46.82	43.42	45.70	32.150	LP = 19.60
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	41.39	38.84	39.65	30.200	
5. Peso Agua, [gr]	5.43	4.58	6.05	1.950	IP = 4.90
6. Peso Suelo Seco, [gr]	22.76	18.97	22.83	9.950	
7. Contenido de Humedad, [%]	23.862	24.143	26.500	19.598	

GRAFICO DE CONSISTENCIA

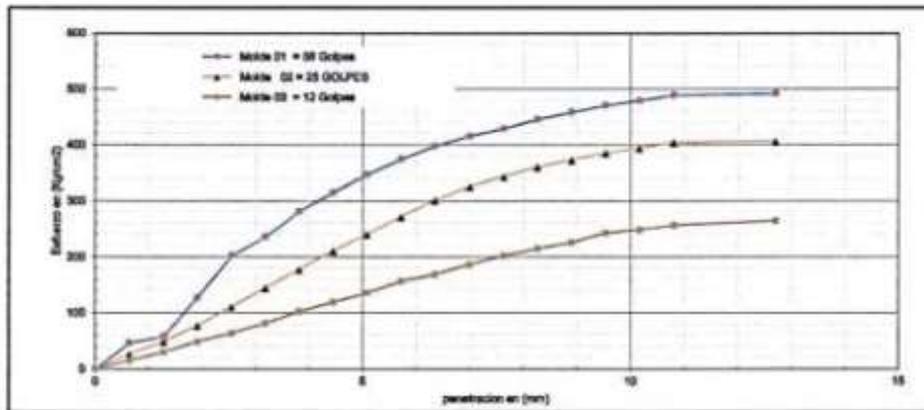


  
**ING. ENRIQUE CASTAÑEDA CRUZALEGUA**  
**C.I.P. 93533**  
**Reg. Consultor C-5493**

## 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02	
1. Peso Tara, [gr]	29.300	31.402	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	299.80	259.16	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	255.60	232.23	
4. Peso Agua, [gr]	25.20	26.93	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	226.30	200.83	Promedio
6. Contenido de Humedad, [%]	11.14	13.41	12.27

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
ASTM D-1883

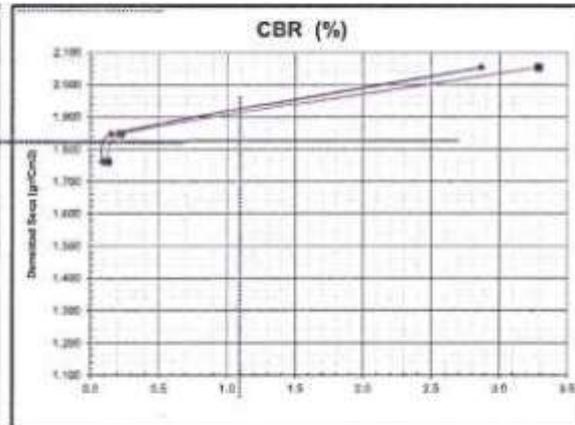
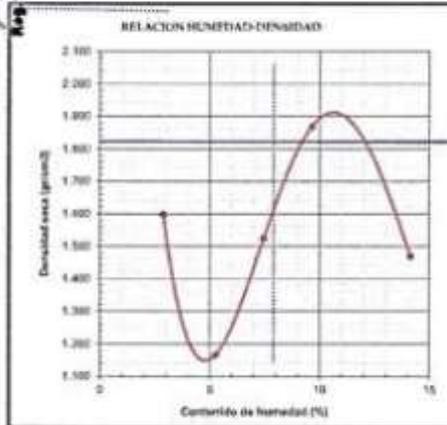


ING. ERNESTO CASTAÑEDA CRUZALECER  
 C.I.F. 93333  
 Ing. Consultor CS493

CBR (0.1%) 2.5%  
 CBR (0.2%) 3.3%  
 EC = 36 GOLPES

CBR (0.1%) 0.2%  
 CBR (0.2%) 0.2%  
 EC = 25 GOLPES

CBR (0.1%) 0.1%  
 CBR (0.2%) 0.1%  
 EC = 12 GOLPES



CLASIFICACION (SUCS) = SW-AM  
 CLASIFICACION (AASHTO) = A-1b(5)  
 METODO DE COMPACTACION = ASTM D1557  
 MAXIMA DENSIDAD SFCA (g/cm³) = 1.928  
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 9.80

CBR AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1%	0.92	0.2%
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1%	0.10	0.2%

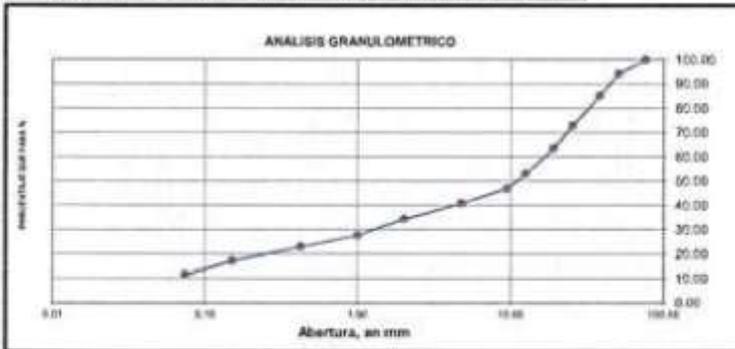
**PROYECTO** : PROYECTO ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE, EN EL TRAMO CAMBIO PUENTE - CHWOTE - 2007  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHWOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION DE ANCASH  
**SOLICITA** : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL SANTA  
**FECHA** : FERRERO - 2023  
**CALICATA** : C-04  
**MUESTRA** : (M)  
**NAPA FREÁTICA** : NO PRESENTA  
**ESPESOR DE ESTRATO** : 1.40 m.  
**PROFUNDIDAD DE CALICATA** : -1.00 m.

### RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

#### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Mallas	Abertura (mm)	Peso retenido (gr)	% RETENIDO	% Retenido Aprobado	% permit
		Peso Inicial Seco (gr)			
		2508.000			
		Peso Final Seco (gr)			
		2221.560			
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	148.92	5.94	5.94	94.06
1 1/2"	38.100	223.20	8.90	14.84	85.16
1"	25.400	211.56	12.42	27.26	72.74
3/4"	19.050	232.88	9.29	36.55	63.45
1/2"	12.500	268.48	10.70	47.25	52.75
3/8"	9.500	148.28	5.91	53.16	46.84
Nº 4	4.750	151.64	6.05	59.21	40.79
Nº 10	2.000	181.56	7.24	66.53	33.47
Nº 20	1.000	170.96	6.82	73.47	26.53
Nº 40	0.425	115.12	4.59	78.06	21.94
Nº 100	0.150	143.12	5.71	82.76	17.24
Nº 200	0.075	145.84	5.81	88.58	11.42
< Nº 200	—	205.44	11.42	100.00	0.00

Ing. ENEASO CASTAÑEDA CRUZALEGA  
 C.I.P. 93533  
 Ing. Consultor CS483



Grava (%) = 59.21      Arena (%) = 29.37      Finos (%) = 11.42

$D_{10} = 0.07$        $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} = 257.14$        $C_c = \frac{(D_{30})^3}{D_{10} \cdot D_{60}} = 1.34$   
 $D_{30} = 1.30$   
 $D_{60} = 18.00$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	GP-GC	GRANIA POBREMENTE GRADUADA ARECULOSA
AASHTO	A-1-b	FRAGMENTOS DE PIEDRA GRAVA Y ARENA

PROYECTO : "PROYECTO: "ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE, EN EL TRAMO CAMBIO PUENTE – CHIMBOTE - 2020"

UBICACIÓN : DISTRITO DE CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION DE ANCASH.

SOLICITA : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL SANTA.

FECHA : FEBRERO - 2020

CALICATA : C-04

PROFUNDIDAD DE LA CALICATA : -1.50 mt.

MUESTRA : M1

NAPA FREÁTICA : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

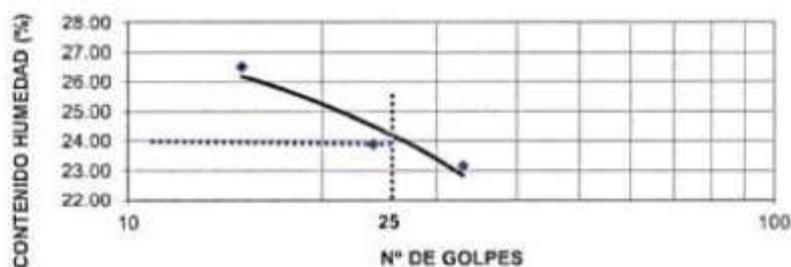
Profundidad total (metros)	Espesor de Estrata (metros)	Tipo de excavación	Tipo de extracción	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	LL (w%)	LP (w%)
-1.50	0.10	CALICATA	MUESTRA A CIELO ABIERTO	Obs-01		RELLENOS NO CONTROLADOS	.	.	.	.	.
	1.40			Mab-1		<b>FRAGMENTOS DE PIEDRA GRAVA Y ARENA</b> Estrato formado por arenas, limos y gravas, presencia de bolonería de hasta 12", estado del suelo medinamente denso, El color predominante es rojizo claro  De los ensayos de laboratorio resulto lo siguiente: 59.21 % de Grava 29.37 % de arena de grano uniforme 11.42 % de finos no plásticos	GP-GC	A-1-b	13.31	23.90	4.30

  
**ING. ERNESTO CASTAÑEDA CRUZALEGUI**  
 C.I.P. 93533  
 Reg. Consultor C5493

## 2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBER (ASTM - D4318)

Procedimiento	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	CONSISTENCIA
	Tara N° 01	Tara N° 02	Tara N° 03	Tara N° 04	
1. No de Golpes	33	24	15	—	<b>LL = 23.99</b>
2. Peso Tara. [gr]	18.63	18.97	18.82	20.250	
3. Peso Tara + Suelo Húmedo. [gr]	46.82	43.42	45.70	32.150	<b>LP = 19.60</b>
4. Peso Tara + Suelo Seco. [gr]	41.52	38.88	39.95	30.200	
5. Peso Agua. [gr]	5.30	4.54	5.05	1.950	<b>IP = 4.30</b>
6. Peso Suelo Seco. [gr]	22.80	19.01	22.83	9.950	
7. Contenido de Humedad. [%]	23.158	23.882	26.500	19.598	

GRAFICO DE CONSISTENCIA

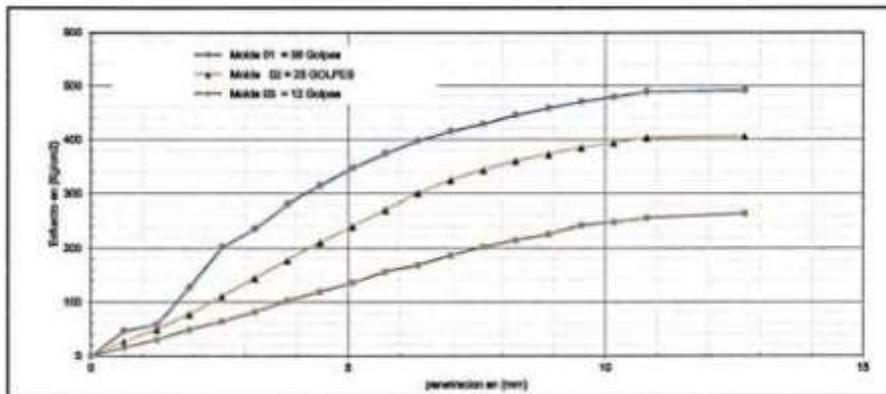


## 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No 01	Tara No 02	
1. Peso Tara. [gr]	29.300	31.402	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo. [gr]	280.80	259.18	
3. Peso Tara + Suelo Seco. [gr]	251.48	232.21	
4. Peso Agua. [gr]	29.32	26.95	
5. Peso Suelo Seco. [gr]	222.18	200.81	Promedio
6. Contenido de Humedad. [%]	13.20	13.42	13.31

  
**ING. ERNESTO CASTAÑEDA CRUZALECUI**  
**C.I.P. 93333**  
**Reg. Consultor C-5493**

RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
ASTM D-1883

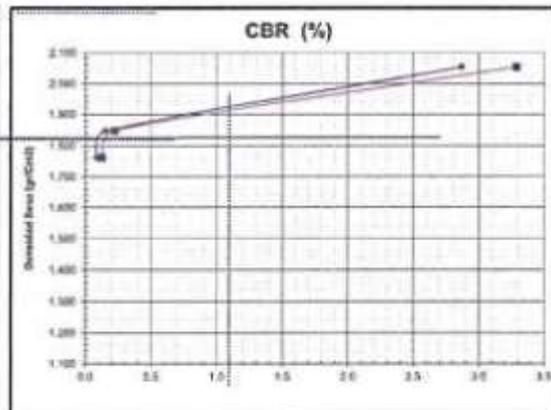
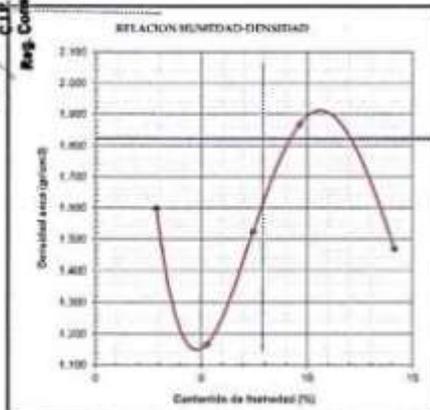


ING. ENRIQUE CASTAÑEDA CRUZALEGA  
C.I.P. 93333  
Reg. Contador C-443

OM (s.7) 2.0%  
OM (s.2%) 3.3%  
EC = 14 GOLPES

OM (s.7) 0.2%  
OM (s.7) 0.2%  
EC = 20 GOLPES

OM (s.7) 0.1%  
OM (s.7) 0.1%  
EC = 12 GOLPES



CLASIFICACION (GCC) = 40-40  
CLASIFICACION (AASHTO) = A-1001  
METODO DE COMPACTACION = ASTM D1557  
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) = 1.929  
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) = 8.80

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1%	0.92	0.2%
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1%	0.10	0.2%

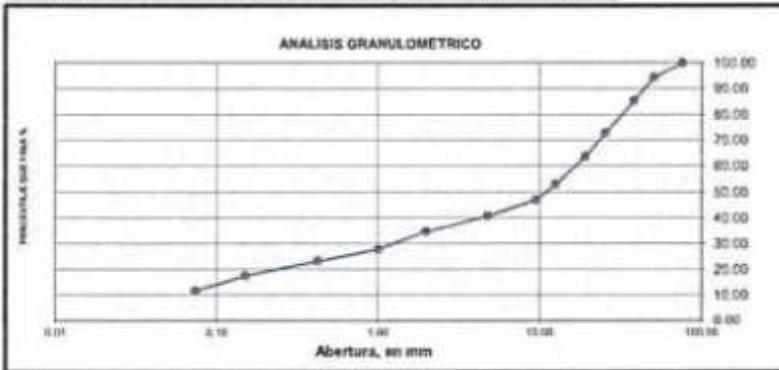
**PROYECTO** : PROYECTO ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE, EN EL TRAMO CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - 2007.  
**UBICACIÓN** : DISTRITO DE CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION DE ANCASH.  
**SOLICITA** : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL SANTA  
**FECHA** : FEBRERO - 2020  
**CALICATA** : C-05  
**MUESTRA** : M-1  
**NAPA FREATICA** : NO PRESENTA  
**ESPESOR DE ESTRATO** : 1.40 m.  
**PROFUNDIDAD DE CALICATA** : -1.50 m.

**RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO**

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)**

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [gr]	% RETENIDO	% Retenido Acumulado	% Pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	148.92	5.81	5.81	94.19
1 1/2"	38.100	229.20	8.95	14.76	85.24
1"	25.400	321.56	12.55	27.31	72.69
3/4"	19.050	236.88	9.25	36.56	63.44
1/2"	12.500	266.48	10.40	46.96	53.04
3/8"	9.500	154.28	5.92	52.88	47.12
Nº 4	4.750	158.64	6.18	59.07	40.93
Nº 10	2.000	154.96	6.03	65.20	34.80
Nº 20	1.000	179.96	7.02	72.23	27.77
Nº 40	0.425	116.12	4.53	76.76	23.24
Nº 100	0.150	143.12	5.58	82.35	17.65
Nº 200	0.074	153.84	6.00	88.35	11.65
< Nº 200	---	288.44	11.65	100.00	0.00

  
**ING. EDGARDO CASTAÑEDA CUZALLEGRA**  
**C.I.P. 94533**  
**Reg. Consultor CS483**



Grava (%) = 59.17      Arena (%) = 29.18      Fines (%) = 11.65

$D_{15} = 0.07$        $C_u = \frac{D_{60}}{D_{15}} = 271.43$        $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{15} \cdot D_{60}} = 1.92$   
 $D_{30} = 1.60$   
 $D_{60} = 19.00$

SISTEMA	CLASIFICACION	DESCRIPCION
SUCS	GP-GC	GRAVA POBREMENTE GRADUADA ARCILLOSA
AASHTO	A-1-b	FRAGMENTOS DE PIEDRA GRAVA Y ARENA

PROYECTO : 'PROYECTO 'ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PAVIMENTO RIGIDO Y PAVIMENTO FLEXIBLE, EN EL TRAMO CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - 2020'

UBICACIÓN : DISTRITO DE CHIMBOTE - PROVINCIA DEL SANTA - REGION DE ANCASH.

SOLICITA : MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DEL SANTA

FECHA : FEBRERO - 2020

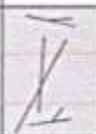
CALICATA : C-05

PROFUNDIDAD DE LA CALICATA : -1.50 mt.

MUESTRA : M4

NAPA FREATICA : NO PRESENTA

### REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad total (metros)	Espesor de Estrato (metros)	Tipo de excavación	Tipo de extracción	Muestras obtenidas	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (w%)	LL (w%)	IP (w%)
-1.50	0.10	CALICATA	MUESTRA A CIELO ABIERTO	Obs-01		RELLENOS NO CONTROLADOS	*	*	*	*	*
	1.40			Msb-l		<b>FRAGMENTOS DE PIEDRA GRAVA Y ARENA</b> Estrato formado por arenas, limos y gravas, presencia de bolonera de hasta 12", estado del suelo medianamente denso. El color predominante es rojizo claro  De los ensayos de laboratorio resultado lo siguiente: 59.17 % de Grava 29.18 % de arena de grano uniforme 11.65 % de finos no plásticos	GP-0C	A-1-b	13.33	23.90	4.30

  
**ING. ERNESTO CASTAÑEDA CRUZALEGUI**  
 C.I.P. 93533  
 Reg. Consultor C5493

**Figura N°12:** Demarcación de calicata N°01, para su posterior excavación.



**Figura N°13:** Demarcación de calicata N°02, para su posterior excavación.



**Figura N°14:** Demarcación de calicata N°03, para su posterior excavación.



**Figura N°15:** Demarcación de calicata N°04, para su posterior excavación.



**Figura N°16:** Excavación de calicata N°01 y toma de muestra.



**Figura N°17:** Excavación de calicata N°04 y toma de muestra.



## ANEXO 4: FACTORES DE DISEÑO DE PAVIMENTO.

b) Factores de diseño pavimento flexible.

### Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	65%
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	70%
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	75%
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	80%
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	80%
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	85%
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	85%
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	85%
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	90%
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	90%
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	90%
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	90%
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	95%
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	95%
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	95%
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		95%

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO'93

Fuente: MTC.

Elaboración Propia.

FCE V. Ligueros: 1.0222

FCE V. Pesados: 0.9137

#### DETERMINACIÓN DEL IMDA:

$$IMD_a = IMD_s * FC$$

$$IMD_s = \sum \frac{Vi}{7}$$

**Donde:** IMD<sub>s</sub> = Índice Medio Diario Semanal de la Muestra Vehicular Tomada  
 IMD<sub>a</sub> = Índice Medio Anual  
 Vi = Volumen Vehicular diario de cada uno de los días de conteo  
 FC = Factores de Corrección Estacional

**Tabla N°13:** Cálculo del Índice Medio Anual, a partir del Índice Medio Semanal por el

factor de corrección estacional determinado.

**Cuadro 6.3**  
**Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE)**  
**Para Afirmados, Pavimentos Flexibles y Semirrígidos**

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>8.2 tn</sub> )
Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	$EE_{TA1} = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tandem ( 2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	$EE_{TA2} = [P / 15.1]^{4.0}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: Elaboración Propia, en base a correlaciones con los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO 93

**Cuadro 6.4**  
**Relación de Cargas por Eje para determinar Ejes Equivalentes (EE)**  
**Para Pavimentos Rígidos**

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE <sub>8.2 tn</sub> )
Eje Simple de ruedas simples (EE <sub>S1</sub> )	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.1}$
Eje Simple de ruedas dobles (EE <sub>S2</sub> )	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.1}$
Eje Tandem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TA1</sub> )	$EE_{TA1} = [P / 13.0]^{4.1}$
Eje Tandem ( 2 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TA2</sub> )	$EE_{TA2} = [P / 13.3]^{4.1}$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EE <sub>TR1</sub> )	$EE_{TR1} = [P / 16.6]^{4.0}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE <sub>TR2</sub> )	$EE_{TR2} = [P / 17.5]^{4.0}$
P = peso real por eje en toneladas	

Fuente: Elaboración Propia, en base a correlaciones con los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO 93

**Cuadro 6.15**  
**Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes**  
**de 8.2t, en el Carril de Diseño Para Pavimentos Flexibles,**  
**Semirrígidos y Rígidos**

<b>Tipos Tráfico Pesado expresado en EE</b>	<b>Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE</b>
T <sub>P0</sub>	> 75,000 EE ≤ 150,000 EE
T <sub>P1</sub>	> 150,000 EE ≤ 300,000 EE
T <sub>P2</sub>	> 300,000 EE ≤ 500,000 EE
T <sub>P3</sub>	> 500,000 EE ≤ 750,000 EE
T <sub>P4</sub>	> 750,000 EE ≤ 1'000,000 EE
T <sub>P5</sub>	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T <sub>P6</sub>	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T <sub>P7</sub>	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T <sub>P8</sub>	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T <sub>P9</sub>	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T <sub>P10</sub>	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T <sub>P11</sub>	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T <sub>P12</sub>	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T <sub>P13</sub>	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T <sub>P14</sub>	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE
T <sub>P15</sub>	> 30'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia

Nota: T<sub>PX</sub>: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño

PX = Pavimentada, X = número de rango (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15)

**Cuadro 12.8**  
**Coefficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Zr)**  
**Para una sola etapa de diseño (10 o 20 años)**  
**Según el Nivel de Confiabilidad seleccionado y el Rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	75,000	150,000	-0.385
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	-0.524
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	-0.674
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	-0.842
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	-1.036
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	-1.036
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	-1.036
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	-1.282
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10,000,000	-1.282
	T <sub>P10</sub>	10,000,001	12,500,000	-1.282
	T <sub>P11</sub>	12,500,001	15,000,000	-1.282
	T <sub>P12</sub>	15,000,001	20,000,000	-1.645
	T <sub>P13</sub>	20,000,001	25,000,000	-1.645
	T <sub>P14</sub>	25,000,001	30,000,000	-1.645
	T <sub>P15</sub>		>30,000,000	-1.645

## Índice de Serviabilidad Inicial (Pi) Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	3.80
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	3.80
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	3.80
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	4.00
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	4.00
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	4.00
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	4.00
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	4.00
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	4.00
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	4.00
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	4.20
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	4.20
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	4.20
	T <sub>P15</sub>		>30'000,000	4.20

**Índice de Serviabilidad Final (Pt)  
Según Rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		INDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	2.00
	TP2	300,001	500,000	2.00
	TP3	500,001	750,000	2.00
	TP4	750 001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	2.50
	TP6	1,500,001	3,000,000	2.50
	TP7	3,000,001	5,000,000	2.50
	TP8	5,000,001	7,500,000	2.50
	TP9	7,500,001	10'000,000	2.50
	TP10	10'000,001	12'500,000	2.50
	TP11	12'500,001	15'000,000	2.50
	TP12	15'000,001	20'000,000	3.00
	TP13	20'000,001	25'000,000	3.00
	TP14	25'000,001	30'000,000	3.00
	TP15		>30'000,000	3.00

**Diferencial de Serviabilidad ( $\Delta$  PSI)  
Según Rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD ( $\Delta$ PSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	1.80
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	1.80
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	1.80
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	1.80
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	1.50
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	1.50
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	1.50
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	1.50
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	1.50
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	1.50
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	1.50
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	1.20
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	1.20
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	1.20
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		1.20

Fuente: Elaboración Propia

c) Factores de diseño pavimento rígido.

Caminos que tienen un tránsito, de 1'000,001 EE ha: 30'000,000 EE, en el carril y periodo de diseño.

**Cuadro 14.2**  
**Número de Repeticiones Acumuladas**  
**de Ejes Equivalentes de 8.2 t, en el Carril de Diseño**

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T <sub>P5</sub>	> 1'000,000 EE ≤ 1'500,000 EE
T <sub>P6</sub>	> 1'500,000 EE ≤ 3'000,000 EE
T <sub>P7</sub>	> 3'000,000 EE ≤ 5'000,000 EE
T <sub>P8</sub>	> 5'000,000 EE ≤ 7'500,000 EE
T <sub>P9</sub>	> 7'500,000 EE ≤ 10'000,000 EE
T <sub>P10</sub>	> 10'000,000 EE ≤ 12'500,000 EE
T <sub>P11</sub>	> 12'500,000 EE ≤ 15'000,000 EE
T <sub>P12</sub>	> 15'000,000 EE ≤ 20'000,000 EE
T <sub>P13</sub>	> 20'000,000 EE ≤ 25'000,000 EE
T <sub>P14</sub>	> 25'000,000 EE ≤ 30'000,000 EE

Fuente: Elaboración Propia

Nota: T<sub>PX</sub>: T = Tráfico pesado expresado en EE en el carril de diseño

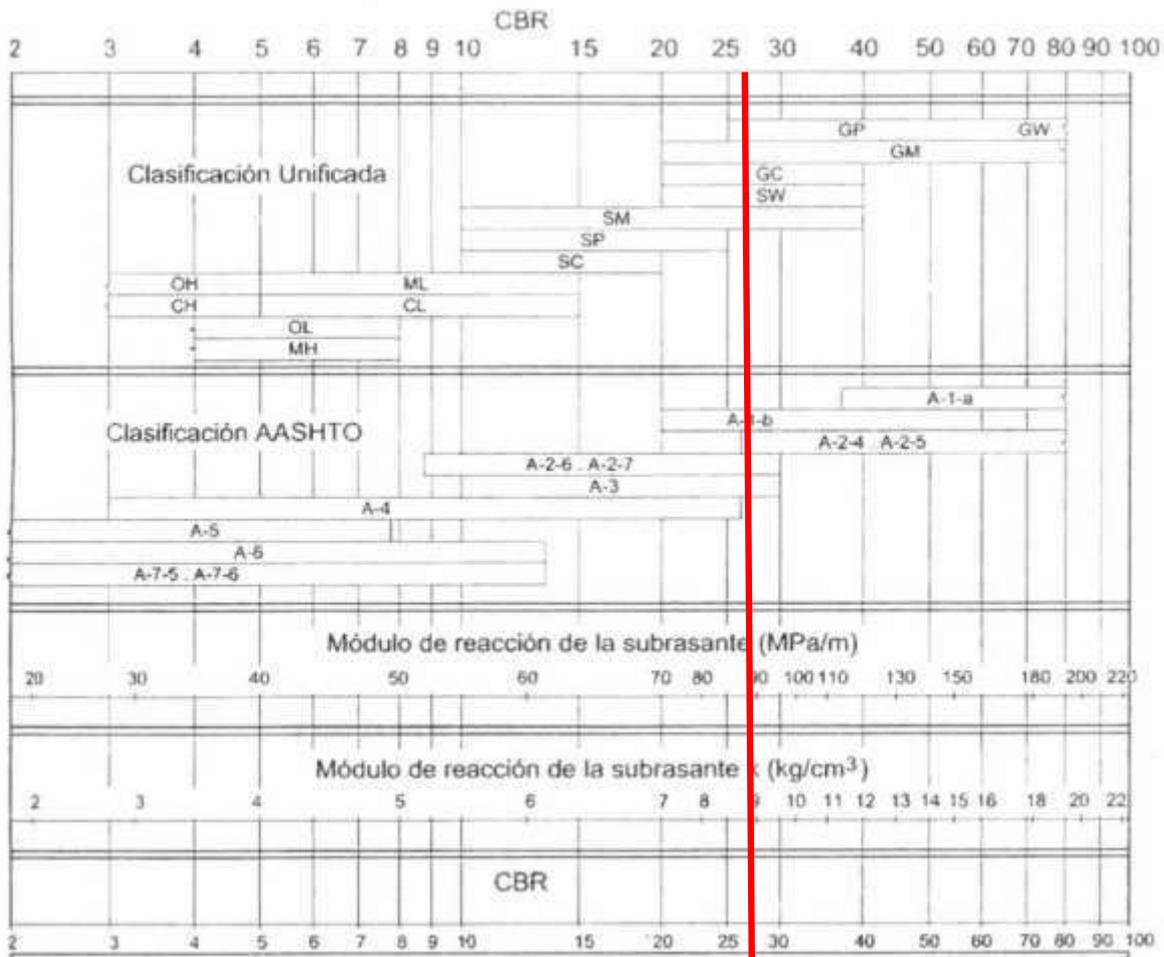
PX = Pavimentada, X = número de rango (5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13)

**Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad (R)  
y Desviación Estándar Normal (Zr) Para una sola etapa de 20 años  
según rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T <sub>P0</sub>	100,000	150,000	65%	-0.385
	T <sub>P1</sub>	150,001	300,000	70%	-0.524
	T <sub>P2</sub>	300,001	500,000	75%	-0.674
	T <sub>P3</sub>	500,001	750,000	80%	-0.842
	T <sub>P4</sub>	750,001	1,000,000	80%	-0.842
Resto de Caminos	T <sub>P5</sub>	1,000,001	1,500,000	85%	-1.036
	T <sub>P6</sub>	1,500,001	3,000,000	85%	-1.036
	T <sub>P7</sub>	3,000,001	5,000,000	85%	-1.036
	T <sub>P8</sub>	5,000,001	7,500,000	90%	-1.282
	T <sub>P9</sub>	7,500,001	10'000,000	90%	-1.282
	T <sub>P10</sub>	10'000,001	12'500,000	90%	-1.282
	T <sub>P11</sub>	12'500,001	15'000,000	90%	-1.282
	T <sub>P12</sub>	15'000,001	20'000,000	90%	-1.282
	T <sub>P13</sub>	20'000,001	25'000,000	90%	-1.282
	T <sub>P14</sub>	25'000,001	30'000,000	90%	-1.282
	T <sub>P15</sub>	>30'000,000		95%	-1.645

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la Guía AASHTO/93

## Correlación CBR y Módulo de Reacción de la Subrasante



Correlación aproximada entre la clasificación de los suelos y los diferentes ensayos  
 Manual Portland Cement Association: Subgrades and subbases for concrete pavements-Skokie. PCA 1971

**Cuadro 14.4**  
**Índice de Serviabilidad Inicial (Pi)**  
**Índice de Serviabilidad Final o Terminal (Pt)**  
**Diferencial de Serviabilidad**  
**Según Rango de Tráfico**

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL O TERMINAL (Pt)	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP1	150,001	300,000	4.10	2.00	2.10
	TP2	300,001	500,000	4.10	2.00	2.10
	TP3	500,001	750,000	4.10	2.00	2.10
	TP4	750,001	1,000,000	4.10	2.00	2.10
Resto de Caminos	TP5	1,000,001	1,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP6	1,500,001	3,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP7	3,000,001	5,000,000	4.30	2.50	1.80
	TP8	5,000,001	7,500,000	4.30	2.50	1.80
	TP9	7,500,001	10'000,000	4.30	2.50	1.80
	TP10	10'000,001	12'500,000	4.30	2.50	1.80
	TP11	12'500,001	15'000,000	4.30	2.50	1.80
	TP12	15'000,001	20'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP13	20'000,001	25'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP14	25'000,001	30'000,000	4.50	3.00	1.50
	TP15		>30'000,000	4.50	3.00	1.50

