

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN**



**Facultad de Ingeniería Civil  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil**

**TESIS**

**ANÁLISIS DE PAVIMENTACIÓN DE LA NUEVA  
CALZADA EJECUTADA POR LA EMPRESA  
NORVIAL EN LA ZONA HUACHO – PATIVILCA –  
PERÚ 2017**

**PRESENTADO POR:**

**Luz Alexandra Arana González**

**Ximena del Pilar Mejía Espinoza**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA CIVIL**

**ASESOR:**

**Eddy Ivan Quispe Soto**

**HUACHO - 2019**

**UNIVERSIDAD NACIONAL JOSÉ FAUSTINO SÁNCHEZ CARRIÓN  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

**TITULO DE INGENIERA CIVIL**

**ANÁLISIS DE PAVIMENTACIÓN DE LA NUEVA CALZADA  
EJECUTADA POR LA EMPRESA NORVIAL EN LA ZONA  
HUACHO – PATIVILCA – PERÚ 2017**

**Luz Alexandra Arana González**

**Ximena del Pilar Mejía Espinoza**

**TESIS DE INGENIERIA**

**ASESOR: Eddy Ivan Quispe Soto**

**HUACHO**

**2019**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo es dedicado a nuestros padres por el constante apoyo y dedicación en nuestros estudios universitarios y hoy estamos a un paso de terminar un peldaño más en nuestra vida profesional, nuestra dedicatoria es para ellos

*Mejía Espinoza, Ximena del Pilar*

*Arana González, Luz Alexandra*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de llegar a cumplir mis metas y por las personas que me ha permitido conocer y compartir en esta investigación.

Agradecimiento muy especial a mis padres y hermanos por su apoyo, comprensión y aliento en el proceso de esta investigación

A los docentes de la E.A.P de Ing. Civil por las enseñanzas y consejos referido a esta gran carrera.

*Mejía Espinoza Ximena del Pilar*

*Arana Gonzalez Luz Alexandra*

# ÍNDICE

<b>PORTADA</b>	<b>i</b>
<b>DEDICATORIA</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTO</b>	<b>iv</b>
<b>INDICE</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE TABLA</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>viii</b>
<b>LISTA DE ANEXOS</b>	<b>ix</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>x</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>xi</b>
<b>INTRODUCCION</b>	<b>xii</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>13</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>13</b>
<b>1.1 Descripción de la realidad problemática</b>	<b>13</b>
<b>1.2 Formulación del problema</b>	<b>14</b>
<b>1.2.1 Problema general</b>	<b>14</b>
<b>1.2.2 Problemas específicos</b>	<b>15</b>
<b>1.3 Objetivos de la investigación</b>	<b>15</b>
<b>1.3.1 Objetivo general</b>	<b>15</b>
<b>1.3.2 Objetivos específicos</b>	<b>15</b>
<b>1.4 Justificación de la investigación</b>	<b>15</b>
<b>1.5 Delimitaciones del estudio</b>	<b>16</b>
<b>1.6 Viabilidad del estudio</b>	<b>17</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>18</b>
<b>MARCO TEÓRICO</b>	<b>18</b>
<b>2.1 Antecedentes de la investigación</b>	<b>18</b>
<b>2.1.1 Investigaciones internacionales</b>	<b>18</b>
<b>2.1.2 Investigaciones nacionales</b>	<b>20</b>
<b>2.2 Bases teóricas</b>	<b>21</b>
<b>2.3 Definición de términos básicos</b>	<b>32</b>
<b>2.4 Operacionalización de las variables</b>	<b>35</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>36</b>
<b>METODOLOGÍA</b>	<b>36</b>

<b>3.1</b>	<b>Diseño metodológico</b>	<b>36</b>
<b>3.2</b>	<b>Población y muestra</b>	<b>36</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Población</b>	<b>36</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Muestra</b>	<b>36</b>
<b>3.3</b>	<b>Técnicas de recolección de datos</b>	<b>37</b>
<b>3.4</b>	<b>Técnicas para el procesamiento de la información</b>	<b>37</b>
<b>CAPÍTULO IV</b>		<b>39</b>
<b>RESULTADOS</b>		<b>39</b>
<b>4.1</b>	<b>Análisis de resultados</b>	<b>39</b>
<b>4.2</b>	<b>Diseño por Metodo ASSHTO</b>	<b>52</b>
<b>4.3</b>	<b>Diseño por el Método Instituto del Asfalto</b>	<b>61</b>
<b>CAPÍTULO V</b>		<b>72</b>
<b>DISCUSIÓN</b>		<b>72</b>
<b>5.1</b>	<b>Discusión de resultados</b>	<b>72</b>
<b>CAPÍTULO VI</b>		<b>75</b>
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>		<b>75</b>
<b>6.1</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>75</b>
<b>6.2</b>	<b>Recomendaciones</b>	<b>76</b>
<b>REFERENCIAS</b>		<b>78</b>
<b>7.1</b>	<b>Fuentes documentales</b>	<b>78</b>
<b>7.4</b>	<b>Fuentes electrónicas</b>	<b>78</b>
<b>ANEXOS</b>		<b>79</b>

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Periodo de análisis.....	25
Tabla 2: Valores para la desviación estándar .....	28
Tabla 3: Niveles de confiabilidad.....	29
Tabla 4: Índice de Serviciabilidad final .....	32
Tabla 5: Operacionalizacion de variables.....	35
Tabla 6: Ensayos a realizaren el laboratorio muestras de suelos.....	40
Tabla 7: Tipo de Suelos M-1.....	44
Tabla 8: Estado de suelo según índice de consistencia.....	46
Tabla 9: Grado de compresibilidad del suelo .....	47
Tabla 10: Numero de repeticiones de ejes equivalentes(ESAL) tramo Huacho-Huaura.....	49
Tabla 11: Resumen de ESAL de las estaciones de conteo .....	50
Tabla 12: Capacidad de soporte Sub rasante (CBR).....	52
Tabla 13: Valores sugeridos de confiabilidad AASHTO 1993.....	53
Tabla 14: Valores de desviación estándar normal.....	53
Tabla 15: Valores recomendados de (mi) para modificar los coeficientes estructurales de base y sub base granular en pavimento flexible AASHTO 93.....	55
Tabla 16: Coeficiente estructural de las capas participes en el pavimento nuevo.....	58
Tabla 17: Calculo del SN requerido para diseño en una etapa – Sector I.....	60
Tabla 18: Alternativa de diseño para método AASHTO.....	61
Tabla 19: Resumen de resultado en el tramo de estudio.....	61
Tabla 20: Características de los materiales aptos para construcción de bases estabilizadas con emulsiones asfálticas.....	63
Tabla 21: Requisitos de calidad de las capas granulares.....	64
Tabla 22: Espesores mínimos de concreto asfáltico sobre bases de otra clase.....	65
Tabla 23: Valor percentil por nivel de transito.....	66
Tabla 24: Grado de asfalto según temperatura de la zona.....	67
Tabla 25: Resumen de resultados para método de Instituto de Asfalto.....	71

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ilustración de probabilidad de falla y de confiabilidad.....	27
Figura 2: Nivel Óptimo de confiabilidad.....	30
Figura 3: Tipo de Suelo estrato (M-1).....	45
Figura 4: Suelo de fundación.....	51
Figura 5: Coeficiente de aporte estructural de la carga asfáltica.....	56
Figura 6: Coeficiente de aporte estructural de base.....	57
Figura 7: Coeficiente estructural de sub base.....	58
Figura 8: Esquema de la estructura del pavimento nuevo.....	60
Figura 9: Abaco para determinar el espesor del pavimento completo de concreto asfáltico.....	68
Figura 10: Abaco para determinar el espesor de la capa asfáltica considerando un agregado base de 150 mm de espesor.....	69
Figura 11: Abaco para determinar el espesor de la capa asfáltica considerando un agregado base de 300 mm de espesor.....	70



## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1: Relación de calicatas para tramo de estudio Km 155+00 – Km 156+00...	80
Anexo 2: Ensayos de laboratorio estándares de suelos de fundación.....	80
Anexo 3: Ensayo de laboratorio proctor y CBR.....	80
Anexo 4: Valores obtenidos del índice de compresibilidad e índice de consistencia.	80
Anexo 5: Estudio de Suelos C-41.....	81
Anexo 6: Estudio de Suelos C-42.....	85
Anexo 7: Estudio de Suelos C-43.....	86
Anexo 8: Estudio de Suelos C-44.....	87
Anexo 9: Estudio de Suelos C-45.....	88
Anexo 10: Determinación del Índice Medio Anual (IMDa).....	89
Anexo 11: Determinación de ESAL.....	90
Anexo 12: Tasas para el tramo Huacho – Pativilca.....	91

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como título “Análisis de pavimentación de la nueva calzada ejecutada por Norvial en la zona Huacho – Pativilca, Peru 2017”, dentro del cual se tomó el tramo del Km 155+00 al Km 156+00 para estudios. Tiene como Objetivo general realizar y analizar el diseño de la pavimentación del tramo Km 155+00 al Km 156+00 de la nueva calzada ejecutada por la empresa Norvial en zona Huacho – Pativilca - Perú 2017. La metodología de estudio de suelos comprendió tres etapas: la primera fue investigación de campo a lo largo del tramo mediante prospecciones de exploración a cielo abierto (calicatas) con obtención en cada caso de muestras representativas, la segunda etapa comprende en ejecutar los ensayos de laboratorio y obtener los resultados de las propiedades de los materiales. Y finalmente la tercera etapa comprende en analizar los resultados obtenidos de laboratorio y establecer los parámetros necesarios para definir los sectores de mejoramiento de suelos de terreno natural y diseñar el pavimento. El Resultado fue el diseño por el método AASHTO con el cual se obtuvo menor dimensión en las capas de la pavimentación haciéndolo más beneficioso económicamente que el resultado por el método del Instituto del Asfalto, cumpliendo con los parámetros establecidos por el manual de carreteras, para el diseño se tomaron 5 calicatas (C-41, C-42, C-43, C-44 y C45) del tramo Huacho – Pativilca, con profundidad mínima de 1.50 m o hasta alcanzar roca, nivel freático, bloques, bolonería, con los cuales se definió el perfil estratigráfico de la vía tales como tipo de suelo, humedad, plasticidad, compacidad, color, forma, angularidad. Para el cual se tomó una calicata por kilómetro en este caso la C-41 para el estudio. Se concluye que el método más beneficioso económicamente es el AASHTO y los espesores de la capa a usar serán 4” de Carpeta asfáltica, 12” de Base granular y 12” de Sub base granular, cumpliendo así con los parámetros establecidos en el manual de carreteras.

Palabras clave: Análisis, Pavimentación, Calzada

## **ABSTRACT**

The present research work has the title "Analysis of the paving of the new roadway executed by Norvial in the Huacho - Pativilca area, Peru 2017", within which the section from Km 155 + 00 to Km 156 + 00 is considered. studies. Its general objective is to carry out and analyze the design of the paving of the section Km 155 + 00 to Km 156 + 00 of the new roadway executed by the Norvial company in the Huacho - Pativilca 2017 area. The soil study methodology consisted of three stages : The field investigation and the step by means of the explorations of open-pit exploration with the obtaining in each representative case of the samples, the second stage, the interpretation, the laboratory tests and the obtaining of the results of the properties of the materials. And finally, the third stage includes, it is analyzed, laboratory results are obtained and the sectors of improvement of the soil of the natural terrain and the pavement are defined. The result was the design by the AASHTO method with which a smaller dimension was obtained in the layers of the paving, making it more economically beneficial than the result by the Asphalt Institute method, complying with the parameters established in the road manual, for the 5 pits were taken (C-41, C-42, C-43, C-44 and C45) of the Huacho-Pativilca section, with a minimum depth of 1.50 months until reaching the rock, water table, blocks, bolonería, with which will define the stratigraphic profile of the story line as type of soil, humidity, plasticity, compactness, color, shape, angularity. In this case, the C-41 for the study. It is concluded that the most economically beneficial method is the AASHTO and the thicknesses of the layer and the use. 4 "of asphaltic folder, 12" of granular base and 12 "of granular sub base, thus fulfilling the parameters established in the road manual.

**Keywords:** Analysis, Paving, Roadway

# INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación titulado “Análisis de pavimentación de la nueva calzada ejecutada por Norvial en la zona Huacho – Pativilca – Perú 2017” está estructurado en 6 capítulos.

El CAPITULO I, en el cual tenemos El “problema de investigación” de acuerdo con sus respectivos componentes: Planteamiento del Problema, Formulación del Problema, justificación, limitaciones, antecedentes y los objetivos.

El CAPITULO II, se menciona las Bases Teóricas donde se describe cada variable de la investigación

El CAPITULO III, trata sobre El marco metodológico con sus respectivos componentes, hipótesis, tipo de estudio, diseño de estudio, población y muestra, método de investigación, técnica e instrumentos de recolección de datos y método de análisis de datos.

El CAPÍTULO IV, Tenemos en cuenta los resultados y procesamiento de datos.

CAPÍTULO V, Discusión de la investigación

CAPÍTULO VI, Cuenta con las conclusiones y sugerencias

Las referencias bibliográficas por fuentes primarias como son las enciclopedias, textos, revistas, etc., secundarias como tesis monográficas, artículos científicos, fuentes terciarias como fuente electrónica.

# CAPÍTULO I

## PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

### 1.1 Descripción de la realidad problemática

En los tiempos modernos, el desarrollo de una nación se mide por la calidad de sus vías de comunicación y el ordenamiento del tránsito.

Las autopistas y carreteras son inversiones productivas, con retorno rápido, seguro y bien multiplicado. Ninguna sociedad concibe su desarrollo al margen de un eficiente sistema de comunicación vial.

El hombre desde sus inicios ha modificado su entorno de acuerdo a las necesidades de su tiempo, desde el sendero hecho a fuerza de paso hasta las grandes carreteras de concreto.

En la era de las comunicaciones, la necesidad de construir pistas más fuertes y más seguras intensifica su mirada en el concreto, material de grandes posibilidades para el desarrollo de los caminos en el mundo contemporáneo. Las carreteras y vías urbanas son un factor muy importante en el desarrollo socio-económico de las regiones y países.

El transporte es un elemento de gran influencia en la economía de las zonas urbanas y rurales, y servicio de las carreteras contribuye al desarrollo socio – económico de los sectores de la población, por ello es necesario de una adecuada planificación en los proyectos viales para que puedan garantizar y facilitar el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes.

En el Perú la red vial nacional que comprende a todas las autopistas que unen transversal y longitudinal a las capitales de departamento están pavimentadas solo al 61%, las carreteras de la red vial Departamental Regional solo están pavimentadas al 10,1%, esto equivale al a 946 Km. Asimismo, el 99% de la Red Vial Vecinal (RVV) o Rural no se encuentra asfaltada. Perú Cámaras (2017).

Durante la recolección de datos en el tramo (Km 155+00 al 156+00) se pudo identificar los siguientes puntos:

1. *Solo existía un carril pavimentado:* se observó que un carril para ambos sentidos no era suficiente para albergar el tráfico vehicular que había.

2. *Tráfico vehicular alto*: la circulación vehicular (livianos y pesados) va en aumento por ello es necesario trabajar con una tasa de crecimiento proyectado a un periodo de 10 años.
3. *Presencia considerable de vehículos pesados*: la presencia de vehículos pesados por la vía es de 49,7% según el conteo vehicular que se realizó para determinar el índice medio diario anual (IMDa) por lo que es importante considerar estas cargas al realizar el diseño del pavimento ya que de lo contrario la vía podría sufrir fallas.

## **1.2 Formulación del problema**

Respecto al tramo Huaura –Pativilca sólo existía la calle pavimentada en un primer carril o en primera calzada en la zona de Huacho - Pativilca para la transitabilidad vial y peatonal, existe terreno perfilado y polvorientos en condiciones inadecuadas, de geometría irregular discontinuo piso de tierra, poniendo en riesgo la vida de los transeúntes y pobladores en general que hacen uso de estas vías para llegar a sus viviendas. El estado que se observa es calamitoso, interpretándose como si fuera un pueblo abandonado y fantasma, que no se puede tolerar; habiendo ingentes recursos financieros para ser gestionado por el gobierno.

El presente estudio nace como resultado de la problemática mencionada tratando de analizar el diseño de pavimento flexible realizado por los métodos AASHTO e Instituto del Asfalto para el tramo Km 155+000 al 156+000 perteneciente a la calzada en la zona Huacho – Pativilca con el fin de encontrar una opción más económica y segura para la construcción de esta vía y así brindar mejor servicio para los usuarios y por consiguiente mejorar el turismo y el comercio lo cual es imprescindible para el desarrollo de la región

### **1.2.1 Problema general**

¿El método de diseño más económico y seguro para la pavimentación de la calzada Huacho - Pativilca del tramo Km 155+000 al 156+000 de estudio es el método AASHTO o Instituto del Asfalto?.

## **1.2.2 Problemas específicos**

- a) ¿De qué manera el gran porcentaje (49,7%) de tráfico vehicular pesado afectara en el diseño del pavimento flexible para la nueva calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho Pativilca – Perú 2017?
- b) ¿El valor relativo de soporte en el tramo de estudio será muy pobre, pobre, regular, bueno o muy bueno para el diseño de la calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho Pativilca – Perú 2017?
- c) ¿Cuál de estos métodos de diseño, AASHTO o Instituto del asfalto son la mejor opción para la ejecución de la nueva pavimentación en el tramo Km 155+000 al Km 156+000 de la zona Huacho – Pativilca – Perú 2017?

## **1.3 Objetivos de la investigación**

### **1.3.1 Objetivo general**

Realizar y analizar el diseño de la pavimentación flexible del tramo Km 155+000 al Km 156+000 de la nueva calzada ejecutada por la empresa Norvial en zona Huacho – Pativilca – Perú 2017.

### **1.3.2 Objetivos específicos**

- a) Analizar el tráfico vehicular de la calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho Pativilca – Perú 2017.
- b) Analizar el valor relativo de soporte de la calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho Pativilca – Perú 2017.
- c) Analizar la metodología AASHTO e Instituto del Asfalto para el diseño de la calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho Pativilca – Perú 2017.

## **1.4 Justificación de la investigación**

Este análisis del diseño de la pavimentación flexible por los métodos: AASHTO e Instituto del Asfalto son justificables porque permiten evaluar y comparar la mejor opción a elegir para la construcción de esta calzada en la zona Huacho – Pativilca que

resulte económicamente viable sin salir de los parámetros establecidos en el manual de carreteras del Perú. Este estudio busca aplicar métodos de diseño de pavimentación que nos permitirá disminuir costos, mayor resistencia, mejor control de la humedad, mejor manejo de vehículos, disminución de deformaciones; entre otras mejores condiciones. Económicamente afecta, debido a que el tramo en análisis es el puente comercial de nuestro norte chico que con sus productos agrícolas y de pan llevar logran satisfacer las necesidades de pobladores de nuestro Perú y el exterior; además la población que habita en la zona son los más perjudicados por la congestión de vehículos y la polvareda que causan los vehículos que transitan por el sector, los accidentes que ocurren a diario hacia los peatones y discapacitados que es notorio su malestar por la pista en mal estado. Ante tales circunstancias y las condiciones señaladas, dentro del aspecto académico será un referente para futuras investigaciones.

## **1.5 Delimitaciones del estudio**

### **1.5.1. Delimitación geográfica**

El presente trabajo de investigación se realizó en el tramo del Km 155+000 al Km 156+000, en la zona de carretera Huacho – Pativilca – Perú 2017.

### **1.5.2. Delimitación temporal**

Los datos y conclusiones del presente trabajo de investigación corresponden exclusivamente al año 2017.

### **1.5.3. Delimitación de recursos**

La presente investigación se limita por ser una investigación de análisis y método en el diseño del pavimento flexible y los objetivos trazados en la investigación generaron gastos propios de la investigación que fue asumido por los tesisistas.



## **1.6 Viabilidad del estudio**

### **1.6.1. Por la disponibilidad de la tecnología**

Se contó con materiales tecnológicos, como Tablet, laptop, internet, con la que se obtuvo la información necesaria para nuestra investigación como revistas electrónicas, páginas web y libros virtuales.

### **1.6.2. Por la disponibilidad financiera**

Se contó con un presupuesto proyectado para cada gasto, sea asesor, materiales, viajes, internet e impresiones, USB, estadístico y CD.

### **1.6.3. Por la disponibilidad operativa**

El borrador de tesis se realizó de acuerdo al cronograma de estudio de presentación y sustentación.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1 Antecedentes de la investigación**

Las autopistas y carreteras son inversiones productivas, con retorno rápido, seguro y bien multiplicado. Ninguna sociedad concibe su desarrollo al margen de un eficiente sistema de comunicación vial.

Las carreteras son obras estratégicas para el desarrollo, con ejes tan básicos como el turismo, el transporte, la agropecuaria y la industria. De ahí la importancia de contar una red vial que enlace de tramo a tramo al país.

Uno de estos ejes viales de importancia para el desarrollo lo constituye la calzada Huacho – Pativilca, cuyo tramo de estudio será del Km 155+000 al Km 156+000 cuya longitud es un kilómetro.

Respecto al tramo Huaura –Pativilca sólo existía la calle pavimentada en un primer carril o en primera calzada en la zona de Huacho - Pativilca para la transitabilidad vial y peatonal, existía terreno perfilado y polvorientos en condiciones inadecuadas, de geometría irregular discontinuo piso de tierra, poniendo en riesgo la vida de los transeúntes y pobladores en general que hacen uso de estas vías para llegar a sus viviendas.

Por tanto se analiza los factores existentes y se diseña una nueva pavimentación para mejorar la transitabilidad de los vehículos que circulan y el desarrollo de la región.

##### **2.1.1 Investigaciones internacionales**

Polito, G (2015) Realizó una tesis titulada: “Evolución, tecnologías aplicadas en la actualidad y el futuro de los pavimentos flexibles en México”. Para la obtención del grado de Maestro en Ingeniería. Universidad Nacional Autónoma de México. Facultad de Ingeniería; su objetivo: conocer los deterioros que sufre la pavimentacion y las causas que lo generan, esto para tomarlo en cuenta al momento del diseño y poder establecer la mejora continua, dentro de su investigacion hace uso del Metodo del instituto del Asfalto y el Metodo del AASHTO entre otros metodos, así como también

para presentar diseños que todavía no se realizan en México pero que en algunos países se encuentran en proceso de investigación y desarrollo y en otros ya son una realidad, se concluye que los pavimentos flexibles no son obsoletos y que con la implementación de tecnología puede dar mayores rendimientos y beneficios a la estructura vial e evitar fallas.

Deroussen, M. (2005) realizó una tesis titulada: “Modelos empíricos de diseño de pavimentos flexibles para nuevas construcciones” para la obtención del grado de Maestro en Ciencias Especialidad en Ingeniería y Administración de la Construcción. Su objetivo: dar a conocer a través de los diferentes métodos empíricos entre ellos el AASHTO, la orientación respecto a los procedimientos, técnicas y recomendaciones para el diseño de las carreteras. Y la influencia que el pavimento flexible tiene con la calidad y el buen comportamiento de la estructura vial. Se concluye que el método de diseño AASHTO es la mejor opción para diseñar el pavimento sujeta a altas cargas de tráfico y condiciones ambientales no favorables, ya que obtenemos unas capas de menor dimensión que las otras usadas por otros métodos, respetando los requerimientos mínimos de diseño.

MBA,E. & Tabares, R.( 2005) realizaron una tesis titulada: “Diagnóstico de vía existente y diseño del pavimento flexible de la vía nueva mediante parámetros obtenidos del estudio en fase I de la vía acceso al barrio ciudadela del café – vía la badea” para la obtención del título profesional especialista en vías y transporte. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ingeniería y arquitectura; su objetivo: comparar los diseños de pavimento por los diferentes métodos empleados según la solicitud del tránsito del sector, ubicación, clima, espesores de capas existentes, tipo de suelo, y definir que método de diseño es el más favorable a emplear considerando las condiciones existentes y proyectadas. Se concluye que es recomendable un material de sub base que mejore la interacción entre la carpeta asfáltica y la subrasante en cuanto a la transmisión de cargas para mejorar la resistencia a la compresión del suelo. Se hará uso del método AASHTO por dar una dimensión en la carpeta asfáltica más adecuada para la alta cantidad de tráfico que se proyecta.

### **2.1.2 Investigaciones nacionales**

Escobar, L. & Huincho, J. (2017), realizaron una tesis titulada: “Diseño de pavimento flexible, bajo la influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica”. Para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Nacional de Huancavelica– Facultad de Ingeniería; su objetivo: establecer una metodología y determinar la influencia para diseñar el pavimento flexible debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa - Sachapite Huancavelica. Se concluyó: optimizar la carpeta asfáltica con 4 pulgadas, ya que el índice medio diario (IMD) fue mayor al utilizado en el diseño para el pavimento existente.

Rengifo, K. (2014) realizó una tesis titulada: “Diseño de los pavimentos de la nueva carretera Panamericana Norte en el Tramo de Huacho a Pativilca (Km 188 a 189)”. Para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil. Pontificia Universidad Católica del Perú. Facultad de Ciencias e Ingeniería; su objetivo: realizar el diseño del pavimento de un kilómetro de la nueva carretera Panamericana Norte considerando para el diseño de pavimento flexible los métodos AASHTO e Instituto del Asfalto (IA), y por el pavimento rígido los métodos de la Portland Cement Association (PCA), para hacer una comparación entre estos y elegir la mejor propuesta. Se concluyó que se usará el método de diseño AASHTO para pavimento flexible ya que es económicamente mejor cumpliendo con los parámetros de diseños establecidos.

Gomez, S. (2014), Realizó una tesis titulada: “Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del Óvalo Grau – Trujillo – La Libertad”. Para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Civil. Universidad Privada Antenor Orrego. Facultad de Ingeniería; su objetivo: Determinar el espesor del pavimento flexible utilizando el método de diseño AASHTO teniendo en cuenta el tránsito, las propiedades mecánicas de los materiales y del terreno, condiciones climáticas, drenaje, niveles de serviciabilidad y confiabilidad. Se concluyó: se usará el método AASHTO para el pavimento flexible con las dimensiones de 10 cm de carpeta asfáltica, 35 cm de base y 30 cm de sub-base ya que resulta ser el mejor económicamente.

## 2.2 Bases teóricas

### Pavimentación

Para el autor Iturbide (2002):

Un pavimento debe ser diseñado de tal manera que las cargas impuestas por el tránsito no generen deformaciones permanentes excesivas. En el caso de los pavimentos flexibles estas deformaciones se producen en cada una de las capas. Los métodos de diseño de pavimentos descritos en [1, 2, 3, 7, 43, 48, 50, 87, 92] suponen que las deformaciones permanentes ocurren solamente en la subrasante. Sin embargo, en vías donde se construyen capas asfálticas delgadas o de baja rigidez (p.e. vías de bajo tráfico) las capas granulares soportan el esfuerzo aplicado casi en su totalidad y la magnitud de dichos esfuerzos puede llegar a generar valores altos de deformación permanente. Por lo tanto, las metodologías de diseño deben comenzar a tener en cuenta las deformaciones que se producen en estas capas, y los modelos para predecir dichas deformaciones, deben ser capaces de reproducir el comportamiento de estos materiales bajo diversas trayectorias de carga cíclica y condiciones del medio ambiente. (p.5)

### Subrasante

Iturbide (2002) menciona que:

La subrasante es el soporte natural, preparado y compactado, en la cual se puede construir un pavimento. La función de la subrasante es dar un apoyo razonablemente uniforme, sin cambios bruscos en el valor soporte, es decir, mucho más importante es que la subrasante brinde un apoyo estable a que tenga una alta capacidad de soporte. Por lo tanto, se debe tener mucho cuidado con la expansión de suelos. (p.3)

### Subbase

Iturbide (2002) la define siendo la que:

La capa de subbase es la porción de la estructura del pavimento rígido, que se encuentra entre la subrasante y la losa rígida. Consiste de una o más capas compactas de material granular o estabilizado; la función principal de la subbase es prevenir el bombeo de los suelos de granos finos. La subbase es obligatoria cuando la combinación de suelos, agua, y tráfico pueden generar el bombeo. Tales condiciones se presentan con frecuencia en el diseño de pavimentos para vías principales y de tránsito pesado.(p.5)

Iturbide (2002) Entre otras funciones que debe cumplir son:

- Proporcionar uniformidad, estabilidad y soporte uniforme.
- Incrementar el módulo (K) de reacción de la subrasante.
- Minimizar los efectos dañinos de la acción de las heladas.
- Proveer drenaje cuando sea necesario.
- Proporcionar una plataforma de trabajo para los equipos de construcción. (p.3)

Losa

Iturbide (2002) menciona que:

La losa es de concreto de cemento portland. El factor mínimo de cemento debe determinarse en base a ensayos de laboratorio y por experiencia previas de resistencia y durabilidad. Se deberá usar concreto con aire incorporado donde sea necesario proporcionar resistencia al deterioro superficial debido al hielo-deshielo, a las sales o para mejorar la trabajabilidad de la mezcla. (p.5)

Tipos de pavimento de concreto

(Iturbide, 2002) Los diversos tipos de pavimentos de concreto pueden ser clasificados, en orden de menor a mayor costo inicial, de la siguiente manera:

- Pavimentos de concreto simple. - Sin pasadores. - Con pasadores.
- Pavimentos de concreto reforzado con juntas
- Pavimentos de concreto con refuerzo continuo.

a. Pavimentos de concreto simple

a.1. Sin pasadores

(Iturbide, 2002) Son pavimentos que no presentan refuerzo de acero ni elementos para transferencia de cargas, ésta se logra a través de la trabazón (interlock) de los agregados entre las caras agrietadas debajo de las juntas aserradas o formadas. Para que esta transferencia sea efectiva, es necesario que se use un espaciamiento corto entre juntas.

Están constituidos por losas de dimensiones relativamente pequeñas, en general menores de 6 m de largo y 3,5 m de ancho. Los espesores varían de acuerdo al uso previsto. Por ejemplo para calles de urbanizaciones residenciales, éstos varían entre 10 y 15 cm, en las denominadas colectoras entre 15 y 17 cm. En carreteras se obtienen espesores de 16 cm. En aeropistas y autopistas 20 cm o más.

Este tipo de pavimento es aplicable en caso de tráfico ligero y clima templado y generalmente se apoyan directamente sobre la subrasante.

#### a.2. con pasadores

(Iturbide, 2002) Los pasadores (dowels) son pequeñas barras de acero liso, que se colocan en la sección transversal del pavimento, en las juntas de contracción. Su función estructural es transmitir las cargas de una losa a la losa contigua, mejorando así las condiciones de deformación en las juntas. De esta manera, se evitan los desplazamientos verticales diferenciales (escalonamientos).

Según la Asociación de Cemento Portland (PCA, por sus siglas en inglés), este tipo de pavimento es recomendable para tráfico diario que exceda los 500 ESALs (ejes simples equivalentes), con espesores de 15 cm o más.

#### b. Pavimentos de concreto reforzado con juntas

(Iturbide, 2002) Los pavimentos reforzados con juntas contienen además del refuerzo, pasadores para la transferencia de carga en las juntas de contracción. Este refuerzo puede ser en forma de mallas de barras de acero o acero electro soldado. El objetivo de la armadura es mantener las grietas que pueden llegar a formarse bien unidas, con el fin de permitir una buena transferencia de cargas y de esta manera conseguir que el pavimento se comporte como una unidad estructural.

#### c. Pavimento concreto con refuerzo continuo

(Iturbide, 2002) A diferencia de los pavimentos de concreto reforzado con juntas, éstos se construyen sin juntas de contracción, debido a que el refuerzo asume todas las deformaciones, específicamente las de temperatura. El refuerzo principal es el acero longitudinal, el cual se coloca a lo largo de toda la longitud del pavimento. El refuerzo transversal puede no ser requerido para este tipo de pavimento.

## Métodos de diseño analíticos, mecanísticos o racionales

(Quintana, 2007) Comenta que la diferencia de los métodos empíricos, los analíticos tienen en cuenta como el estado de esfuerzo y deformación que experimentan las capas que conforman la estructura del pavimento influyen en el comportamiento del mismo. Para el cálculo de esfuerzos y deformaciones, emplean programas de computador disponibles desde la década de los 60's [35]. En estos programas se introducen la carga, la presión de contacto, las propiedades mecánicas de los materiales (por lo general el módulo elástico y la relación de Poisson) y el espesor de las capas del pavimento con el fin de obtener los estados de esfuerzo y deformación. Una vez calculados estos estados, se comparan con aquellos que admite el pavimento para la vida útil proyectada, y en un procedimiento de ensayo y error (aumentando o disminuyendo por lo general los espesores de capas) se dimensionan las capas que conformarán la estructura de pavimento. Algunos de los programas son: ALIZE (LCPC, Laboratoire Central des Ponts et Chaussées), ELSYM5 (Chevron Oil), BISAR (SHELL), KENLAYER (University of Kentucky) y DEPAV (Universidad del Cauca). Los valores admisibles de deformación a tracción y vertical en la base de la capa asfáltica y en la superficie de la subrasante respectivamente, se obtienen por medio de diversas ecuaciones desarrolladas en instituciones de investigación como TRL (Transportation Research Laboratory), AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y TAI (The Asphalt Institute).

### Variables de diseño

#### a. Variables de tiempo

(Gomez, 2014) Se consideran dos variables: período de análisis y vida útil del pavimento. La vida útil se refiere al tiempo transcurrido entre la puesta en operación del camino y el momento en el que el pavimento requiera rehabilitarse, es decir, cuando éste alcanza un grado de serviciabilidad mínimo. El período de análisis se refiere al período de tiempo para el cual va a ser conducido el análisis, es decir, el tiempo que puede ser cubierto por cualquier estrategia de diseño. Para el caso en el que no se considere rehabilitaciones, el período de análisis es igual al período de vida útil; pero si se considera una planificación por etapas, es decir, una estructura de pavimento seguida



por una o más operaciones de rehabilitación, el período de análisis comprende varios períodos de vida útil, el del pavimento y el de los distintos refuerzos.

Para efectos de diseño se considera el período de vida útil, mientras que el período de análisis se utiliza para la comparación de alternativas de diseño, es decir, para el análisis económico del proyecto. Los períodos de análisis recomendados son mostrados en la tabla

Tabla 1: *Periodos de análisis*

Fuente : Gomez, 2014.

CLASIFICACIÓN DE LA VÍA	PERÍODO DE ANÁLISIS (AÑOS)
Urbana de alto volumen de tráfico	30 – 50
Rural de alto volumen de tráfico	20 – 50
Pavimentada de bajo volumen de tráfico	15 - 25
No pavimentada de bajo volumen de tráfico	10 – 20

b. Transito

(Gomez, 2014) En el método AASHTO los pavimentos se proyectan para que éstos resistan determinado número de cargas durante su vida útil. El tránsito está compuesto por vehículos de diferente peso y número de ejes que producen diferentes tensiones y deformaciones en el pavimento, lo cual origina distintas fallas en éste. Para tener en cuenta esta diferencia, el tránsito se transforma a un número de cargas por eje simple equivalente de 18 kips (80 kN) ó ESAL (Equivalent Single Axle Load), de tal manera que el efecto dañino de cualquier eje pueda ser representado por un número de cargas por eje simple.

La información de tráfico requerida por la ecuación de diseño utilizado en este método son: cargas por eje, configuración de ejes y número de aplicaciones.

Para la estimación de los ejes simples equivalentes (ESAL), se debe tener en cuenta los siguientes conceptos:

- Factor equivalente de carga (LEF, por sus siglas en ingles)

La conversión se hace a través de los factores equivalentes de carga (Fec), que es el número de aplicaciones ESAL aportadas por un eje determinado. Así, el Fce es un valor

numérico que expresa la relación entre la pérdida de serviciabilidad causada por la carga de un eje estándar de 18 Kips y la carga producida por otro tipo de eje.

$$LEF = \frac{N^0 \text{ de ESALs de 80 kN que produce una pérdida de serviciabilidad}}{N^0 \text{ de ejes x kN que producen la misma pérdida de serviciabilidad}}$$

Por ejemplo, la aplicación de un eje simple de 12 kips causa un daño aproximadamente igual a 0,23 aplicaciones de una carga por eje simple de 18 kips, por lo tanto se necesitan cuatro aplicaciones de un eje simple de 12 kips para provocar el mismo daño (o reducción de la serviciabilidad), que el de una aplicación de un eje simple de 18 kips.

- Factor camión (TF, por su sigla en inglés)

(Gomez, 2014) El factor camión (FC) da una manera de expresar los niveles equivalentes de daño entre ejes, pero para el cálculo de ESAL es conveniente expresar el daño en términos del deterioro producido por un vehículo en particular, es decir los daños producidos por cada eje de un vehículo son sumados para dar el daño producido por ese vehículo. Así nace el concepto de factor camión que es definido como el número de ESAL por vehículo.

El factor camión, puede ser computado para cada clasificación general de camiones o para todos los vehículos comerciales como un promedio para una configuración dada de tránsito, pero es más exacto considerar factores camión para cada clasificación general de camiones.

### Confiabilidad

(Gomez, 2014) La confiabilidad es la probabilidad de que el pavimento se comporte satisfactoriamente durante su vida útil o período de diseño, resistiendo las condiciones de tráfico y medio ambiente dentro de dicho período. Cabe resaltar, que cuando hablamos del comportamiento del pavimento nos referimos a la capacidad estructural y funcional de éste, es decir, a la capacidad de soportar las cargas impuestas por el tránsito, y asimismo de brindar seguridad y confort al usuario durante el período para el cual fue diseñado. Por lo tanto, la confiabilidad esta asociada a la aparición de fallas en el pavimento.

La confiabilidad (R) de un pavimento puede definirse en términos de ESAL como:

$$R (\%) = 100 P(N_t > N_T)$$

Donde:

$N_t$  = Número de ESAL de 80 kN que llevan al pavimento a su serviciabilidad final.

$N_T$  = Número de ESAL de 80 kN previstos que actuarán sobre el pavimento en su período de diseño (vida útil).

Como  $N_t$  y  $N_T$  tienen una distribución normal, la diferencia entre ambas, también tendrá una distribución normal, como se puede apreciar en la figura

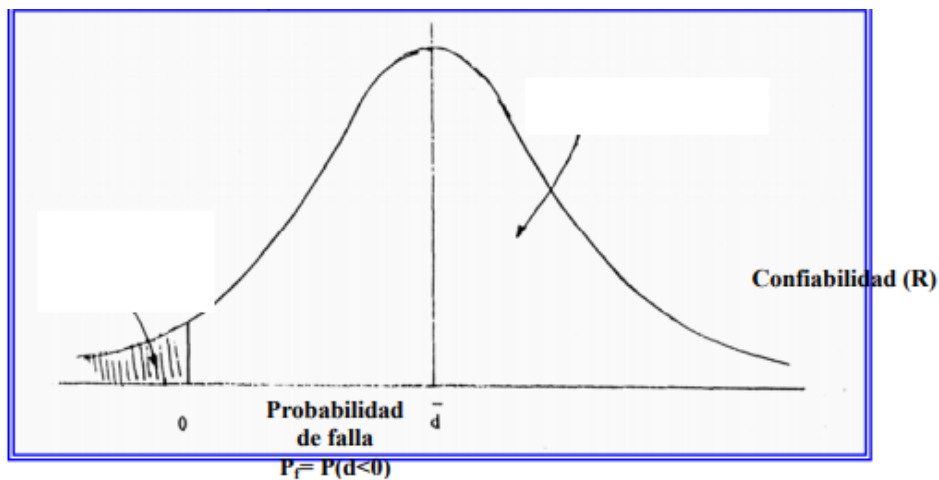


Figura 1: Ilustración de probabilidad de falla y de confiabilidad  
Fuente: Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”

(Gomez, 2014) menciona que: Es fácil deducir que si el número de ESAL previstos es menor que el número de ESAL reales, la vida útil del pavimento se acortará. Por lo tanto, la variabilidad en el diseño, en la construcción afecta en gran medida la bondad de un diseño,

- La variación en las propiedades de los materiales a lo largo del pavimento, produce como resultado una variación en el desarrollo de fallas y rugosidades en ese pavimento. Las fallas localizadas en zonas débiles, dan como resultado una disminución en la vida útil del pavimento.

- La variación de la ubicación de los pasadores en las juntas y profundidad de colocación de la armadura da como resultado una variación en el desarrollo de fallas y rugosidades.
- La variación entre los datos de diseño del pavimento y los reales puede significar un aumento o disminución de la vida útil del mismo

(Gomez, 2014) Es por esto que se necesario una variable ( $S_0$  – Desviación Estándar) que acote la variabilidad de todos éstos factores dentro de unos límites permisibles, con el fin de asegurar que la estructura del pavimento se comporte adecuadamente durante su período de diseño.

La desviación estándar es la desviación de la población de valores obtenidos por AASHTO que involucra la variabilidad inherente a los materiales y a su proceso constructivo.(p.3)

Tabla 2: *Valores para la desviación estándar.*

Fuente: Gomez, 2014.

CONDICIÓN DE DISEÑO	DESVIACIÓN	
	Pav.rígido	Pav.flexible
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento sin errores en el tránsito	0,34	0,44
Variación en la predicción del comportamiento del pavimento con errores en el tránsito	0,39	0,49

El número de ESAL de diseño para una confiabilidad dada es:

$$\text{Log (ESAL diseño)} = \log NT + ZR \times S_0$$

Donde ZR es el área bajo la curva de distribución, correspondiente a la curva estandarizada. Por ejemplo para  $R = 90 \%$ ,  $ZR = 1,28$ .

$$\text{Sea } NT = 1 \times 10^6 \quad R = 90 \% \quad ZR = 1,28$$

$$\text{Log (ESAL diseño)} = \log 1 \times 10^6 + 1,28 \times 0,49 = 6,6272 \quad \text{ESAL diseño} = 4,238 \times 10^6$$

Esto significa que el pavimento va a diseñarse para  $4,238 \times 10^6$  ESAL en lugar de los  $1 \times 10^6$  . La diferencia entre estos valores es un coeficiente de seguridad cuyo propósito

es tener en cuenta la incertidumbre y variabilidad en el diseño, la construcción y distribución de cargas.

Para la selección del nivel de confiabilidad debe tenerse en cuenta dos aspectos:

a. Grado de importancia de la carretera

(Gomez, 2014) Tiene que ver con el uso esperado de la carretera. Así, para carreteras principales el nivel de confiabilidad es alto, ya que un su dimensionamiento del espesor del pavimento traerá como consecuencia que éste alcance los niveles mínimos de serviciabilidad antes de lo previsto, debido al rápido deterioro que experimentará la estructura. En la tabla se dan niveles de confiabilidad aconsejados por la AASHTO.

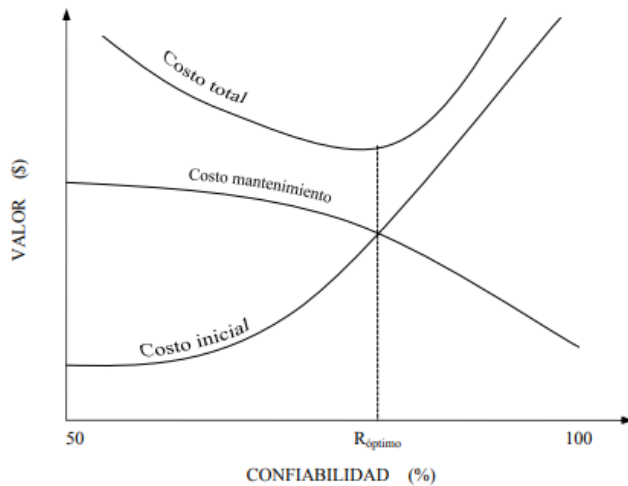
Tabla 3: *Niveles de confiabilidad*

Fuente: Gomez, 2014.

Tipo de camino	Zona urbana	Zona rural
Rutas interestatales y autopistas	85 – 99,9	80 – 99,9
Arterias principales	80 – 99	75 – 99
Colectoras	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	50 – 80

b. Optimizar el espesor del pavimento

(Gomez, 2014) Se debe determinar el nivel de confiabilidad óptimo que me asegure el costo total más bajo, es decir, que balancee apropiadamente el costo inicial y los costos de mantenimiento. Si el espesor es mayor de lo necesario, el pavimento prestará un buen servicio, con bajos costos de mantenimiento, pero el costo de inversión inicial será alto. Todo lo contrario sucede cuando el espesor es menor de lo necesario.



*Figura 2: Nivel óptimo de confiabilidad*

*Fuente: Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1993".*

Criterios de comportamiento según (Iturbide, 2002)

a. Serviciabilidad

La serviciabilidad se usa como una medida del comportamiento del pavimento, la misma que se relaciona con la seguridad y comodidad que puede brindar al usuario (comportamiento funcional), cuando éste circula por la vialidad. También se relaciona con las características físicas que puede presentar el pavimento como grietas, fallas, peladuras, etc, que podrían afectar la capacidad de soporte de la estructura (comportamiento estructural).

El concepto de serviciabilidad está basado en cinco aspectos fundamentales resumidos como sigue:

1. Las carreteras están hechas para el confort y conveniencia del público usuario.
2. El confort, o calidad de la transitabilidad, es materia de una respuesta subjetiva de la opinión del usuario.
3. La serviciabilidad puede ser expresada por medio de la calificación hecha por los usuarios de la carretera y se denomina la calificación de la serviciabilidad.
4. Existen características físicas de un pavimento que pueden ser medidas objetivamente y que pueden relacionarse a las evaluaciones subjetivas. Este procedimiento produce un índice de serviciabilidad objetivo.

5. El comportamiento puede representarse por la historia de la serviciabilidad del pavimento.

Cuando el conductor circula por primera vez o en repetidas ocasiones sobre una vialidad, experimenta la sensación de seguridad o inseguridad dependiendo de lo que ve y del grado de dificultad para controlar el vehículo. El principal factor asociado a la seguridad y comodidad del usuario es la calidad de rodamiento que depende de la regularidad o rugosidad superficial. del pavimento. La valoración de este parámetro define el concepto de Índice de Serviciabilidad Presente (PSI, por sus siglas en ingles).

El PSI califica a la superficie del pavimento de acuerdo a una escala de valores de 0 Claro está, que si el usuario observa agrietamientos o deterioros sobre la superficie del camino aún sin apreciar deformaciones, la clasificación decrece.

El diseño estructural basado en la serviciabilidad, considera necesario determinar el índice de serviciabilidad inicial (P0) y el índice de serviciabilidad final (Pt), para la vida útil o de diseño del pavimento.

a. Índice de serviciabilidad inicial (P0)

El índice de serviciabilidad inicial (P0) se establece como la condición original del pavimento inmediatamente después de su construcción o rehabilitación. AASHTO estableció para pavimentos rígidos un valor inicial deseable de 4,5 si es que no se tiene información disponible para el diseño.

b. Índice de serviciabilidad final (Pt)

El índice de serviciabilidad final (Pt), ocurre cuando la superficie del pavimento ya no cumple con las expectativas de comodidad y seguridad exigidas por el usuario. Dependiendo de la importancia de la vialidad, pueden considerarse los valores Pt indicados en la tabla.

Tabla 4: *Índice de serviciabilidad final*  
 Fuente: *Iturbide, 2002.*

Pt	Clasificación
3,00	Autopistas
2,50	Colectores
2,25	Calles comerciales e industriales
2,00	Calles residenciales y estacionamientos

La pérdida de serviciabilidad se define como la diferencia entre el índice de servicio inicial y terminal.

$$\Delta\text{PSI} = P_0 - P_t$$

Los factores que influyen mayormente en la pérdida de serviciabilidad de un pavimento son: tráfico, medio ambiente y edad del pavimento. Los efectos que causan éstos factores en el comportamiento del pavimento han sido considerados en este método. El factor edad (tiempo) no está claramente definido. Sin embargo, en la mayoría de los casos es un factor negativo neto que contribuye a la reducción de la serviciabilidad. El efecto del medio ambiente considera situaciones donde se encuentran arcillas expansivas o levantamientos por helada. Así, el cambio total en el PSI en cualquier momento puede ser obtenido sumando los efectos dañinos del tráfico, arcillas expansivas y/o levantamientos por helada.

### 2.3 Definición de términos básicos

**Ambiente:** Conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados.

**Berma:** Espacio de separación, zanja o pared baja con que se separan los dos sentidos de la circulación en una autopista o carretera para impedir el paso de los vehículos al carril contrario.

**Calzada:** Parte de una carretera dispuesta para la circulación de vehículos.



**Caudal:** Cantidad de agua por unidad de tiempo que transporta una corriente superficial.

**Contaminante:** Toda materia o energía en cualquiera de sus estados físicos y formas que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora, fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

**Corte:** Toda excavación realizada a cielo abierto en terreno natural, en ampliaciones y/o abatimiento de taludes, en rebajes de camas y/o coronas, en escalones, en cunetas, contracunetas, en despalmes, etc., con el objeto de preparar y/o formar la sección de la terracería.

**Cuneta:** Es una zanja o canal que se abre a los lados de las vías terrestres de comunicación (caminos, carreteras, autovías) y que, debido a su menor nivel, recibe las aguas pluviales y las conduce hacia un lugar que no provoquen daños o inundaciones.

**Derecho de Vía:** Franja de terreno en donde se alojará una carretera, e incluye espacio para ampliaciones futuras y zonas de seguridad. Oscila entre 20 y 40 metros a cada lado del eje del camino, dependiendo de la magnitud de la obra.

**Despalme:** Acción de quitar la vegetación superficial ubicada dentro del derecho de vía, caminos de acceso y bancos de materiales.

**Drenaje:** Colectores utilizados para encauzar las aguas superficiales hacia sistemas para su tratamiento o disposición final.

**Humedad del agregado:** En los agregados existen poros, los cuales encuentran en la intemperie y pueden estar llenos con agua, estos poseen un grado de humedad, el cual es de gran importancia ya que con él podríamos saber si nos aporta agua a la mezcla. Este método consiste en someter una muestra de agregado a un proceso de secado y comparar su masa antes y después del mismo para determinar su porcentaje de humedad total. Este método es lo

suficientemente exacto para los fines usuales, tales como el ajuste de la masa en una mezcla de hormigón.

**Humedad óptima:** Se define “**humedad óptima**” del suelo aquella con la que se consigue la máxima densidad seca, para la energía de compactación.

**Mantenimiento de Carreteras:** Conjunto de acciones que se realizan a lo largo de la vida útil de una carretera, para mantenerla en buen estado de operación.

**Pavimento:** Conjunto de capas que soportarán la acción de las cargas producto del tránsito vehicular, consta de subrasante, subbase, base y carpeta.

**Pendiente:** Es una forma de medir el grado de inclinación del terreno. A mayor inclinación mayor valor de pendiente. La pendiente se mide calculando la tangente de la superficie.

**Proyecto:** Conjunto de actividades que inician desde la definición de rutas alternativas para la construcción de una carretera, hasta la elaboración del proyecto ejecutivo, incluyendo la evaluación económica y ambiental.

**Ruido:** Sonido que resulta molesto a una persona, el cual no necesariamente está relacionado con su intensidad o duración.

**Tránsito Vehicular:** Conjunto de vehículos que circulan por una carretera.

**Vegetación:** Conjunto de hierbas, arbustos y árboles que se encuentran en una región determinada.

**Siglas:**

**CL:** Arcilla

**GC:** Grava arcillosa.

**GM:** Grava limosa.

**GM – GC:** Grava limo-arcillosa.

**GP:** Grava probablemente graduada.

**GP – GC:** Grava arcillosa probablemente graduada.

**GP – GM:** Grava limosa probablemente graduada.

**GW:** Grava bien graduada, grava fina a gruesa.

**GW – GM:** Grava limosa bien graduada, grava limosa fina a gruesa.

**ML:** Limo.

**ML – CL:** Arcilla Limosa.

**OL:** Limo orgánico, arcilla orgánica.

**SC:** Arena arcillosa.

**SM:** Arena limosa

**SM – SC:** Arena limo - arcillosa.

**SP:** Arena probablemente graduada.

**SP – SM:** Arena limosa probamente graduada.

**SW:** Arena bien graduada, arena fina a gruesa.

**SW – SM:** Arena limosa bien graduada, arena fina a gruesa.

**IA:** Instituto del Asfalto.

**AASHTO:** Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes.

**ESAL:** Equivalent simple axial load, carga axial simple equivalente.

## 2.4 Operacionalización de las variables

Tabla 5: Operacionalización de variables

Fuente: propia

Dimensiones	Indicadores	N ítems	Categorías
el método ASSHTO	• Menor costo	3	Malo
	• Mayor resistencia		Regular
	• Menor control de humedad		Bueno
El método del Diseño del Instituto del Asfalto	• Menor costo	3	Malo
	• Mayor resistencia		Regular
	• Menor control de humedad		Bueno
Análisis del diseño de pavimentación			Malo Regular Bueno

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **3.1 Diseño metodológico**

Para el análisis de la pavimentación se contemplará dos métodos de diseño de pavimento flexible que serán: AASHTO e Instituto del Asfalto. Se recolectó información en el tramo Km 155+00 al Km 156+00 que permitirá conocer los factores a tomar en cuenta como: tráfico, clima, CBR, módulo de resiliencia, confiabilidad, coeficiente de drenaje. Estos factores son necesarios para el diseñar el pavimento de la vía que analizaremos en este tramo de un kilometro.

Tipo de investigación

El tipo de la investigación según Lattore (1996) citado por Córdova (2013) es:

- Según su finalidad es aplicativa.
- Según su alcance temporal es longitudinal.
- Según su nivel o profundidad es explicativa y correlacional.
- Según su carácter de medida es cuantitativa.

#### **3.2 Población y muestra**

##### **3.2.1 Población**

La población está comprendida por todo el tramo entre Huaura –Pativilca

##### **3.2.2 Muestra**

La muestra para el presente trabajo se tomó del tramo en estudio que es del Km 155+00 al 156+00 donde se hicieron 5 calicatas.

### 3.3 Técnicas de recolección de datos

El método de recolección y exploración fue mediante prospecciones a cielo abierto (calicatas), estas fueron ejecutados equidistantes, en promedio cada 200 m entre si y ubicadas a lo largo del eje de la vía proyectada. La profundidad mínima alcanzada fue de 1,50 m, o hasta encontrar la presencia de rocas, suelos orgánicos, bloques, bolonerías o nivel freático. Con obtención en cada caso de muestras representativas que fueron objeto de ensayos en laboratorio. Se excavaron en total 288 calicatas con las cuales 05 calicatas pertenecientes al tramo del Km 155+00 al Km 156+00 (C-41, C-42, C-43, C-44 y C-45) se usaron para definir el perfil estratigráfico del tramo en estudio.

Etapas:

Primera etapa: Consiste en investigación de campo a lo largo del Km 155+00 al Km 156+00, mediante prospecciones de exploración a cielo abierto (calicatas) con obtención en cada caso de muestras representativas, realizándose 5 calicatas en el tramo de estudio de un kilómetro.

Segunda etapa: Comprende en ejecutar los ensayos de laboratorio y obtener los resultados de las propiedades de los materiales.

Tercera etapa: Comprende en analizar los resultados obtenidos de laboratorio y establecer los parámetros necesarios para definir los sectores de mejoramiento de suelos de terreno natural y diseñar el pavimento.

### 3.4 Técnicas para el procesamiento de la información

**Seriación:** Consistentes en aplicar un número de serie, correlativo a cada encuentro y que permitió tener un mejor tratamiento y control de los mismos.

**Codificación:** Se elaboró un registro de código donde se asignó un código a cada ítem de respuesta con ello se logró un mayor control del trabajo de tabulación

**Tabulación:** Aplicación técnica matemática de conteo, se tabuló extrayendo la información ordenándola en cuadro simple y doble entrada con indicadores de frecuencia y porcentaje.

**Graficación:** Una vez tabulada la encuesta, se procedió a graficar los resultados en gráficas estadísticas.

Una vez obtenidos los datos, se procedió a analizar cada uno de ellos, atendiendo a los objetivos y variables de investigación; de manera tal que se pudo contrastar hipótesis con variables y objetivos, y así demostrar la validez o invalidez de éstas. Al final se formularon las conclusiones y sugerencias para mejorar la problemática investigada.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1 Análisis de resultados**

En los resultados como es una investigación en donde se usan normas y parámetros ya establecidos, lo que se hizo fue llevar estos procedimientos a nuestra realidad utilizando métodos y estrategias adaptadas a nuestra realidad usando de referencias a los autores (Deroussen, 2005); (Quintana, 2007); (Iturbide, 2002).

##### 4.1.1. Estudio de suelos

###### Excavación manual de calicatas

Las calicatas fueron excavadas en promedio cada 200 m entre sí y ubicadas a lo largo del eje de la vía proyectada, la profundidad mínima alcanzada fue de 1,50 m o hasta alcanzar roca, nivel freático, bloques, bolonería; con obtención en cada caso de muestras representativas que fueron objeto de ensayos en laboratorio. Se excavaron 05 calicatas para el tramo en estudio Km 155+000 al Km 156+000, con las cuales se definió el perfil estratigráfico de la vía proyectada.

En cada una de las prospecciones (calicatas) se identificaron y describieron las características de los materiales que conforman el perfil estratigráfico de la vía tales como tipo de suelo, humedad, plasticidad, compacidad, color, forma, angularidad; todo ello en concordancia con la nomenclatura establecida para tal fin en la norma ASTM D 2488 “Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure)”, así mismo se registraron vistas fotográficas en cada prospección. Dicha información fue levantada en campo en formatos internos elaborados especialmente para tal fin y posteriormente toda la información se trasladó a los registros de perforación de calicatas, donde se indicó la profundidad de los estratos de suelos, características físicas y la clasificación visual-manual. De cada prospección efectuada se obtuvieron muestras representativas en cantidades suficientes para la ejecución de los ensayos de laboratorio requeridos para determinar las características físicas de los suelos de fundación, también se obtuvieron muestras cada kilómetro para la ejecución de ensayos de Proctor modificado y CBR (California Bearing Ratio), de acuerdo a las exigencias de los términos de Referencia.(ver anexo).

## Trabajo de laboratorio

Los ensayos de laboratorio se realizaron por cada tipo de suelo, variación estratigráfica y en conformidad con el Manual de Ensayos de Laboratorio (EM-2000). Los trabajos de laboratorio nos permiten determinar las propiedades de los suelos mediante ensayos físicos y mecánicos de las muestras disturbadas y obtenidas provenientes de cada una de las exploraciones (calicatas). En la siguiente tabla “Ensayos de Mecánica de Suelos” se presentan los diferentes ensayos a los que fueron sometidas las muestras obtenidas en los trabajos de campo, describiendo el nombre del ensayo, uso, método de clasificación utilizado, tamaño de muestra utilizada y propósito del ensayo.

Tabla 6: *Ensayos a realizar en el laboratorio muestras de suelos*

Fuente: *Manual de Ensayos de Laboratorio (EM – 2000)*

RELACIÓN DE ENSAYOS	NORMA ASTM	MTC	Propósito del Ensayo
Contenido de Humedad de un Suelo	D-2216 (98)	MTC E 108 (00)	Determina el Contenido de Humedad del Suelo
Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	D-422 (02)	MTC E 107(00)	Para determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo.
Límite Líquido (MALLA N° 40)	D-4318 (00)	MTC E 110(00)	Hallar el contenido de agua entre los estados Líquido y Plástico (Límite Líquido)
Límite Plástico (MALLA N° 40)	D-4318 (00)	MTC E 111(00)	Hallar el contenido de agua entre los estados plásticos y semi sólido (Límite Plástico)
Peso Específico Relativo de las Partículas Sólidas de un Suelo	D- 854 (02)	MTC E 113(00)	Determinar la densidad relative
Determinación del material que pasa el tamiz N° 200	D-1140 (00)	--	Para determinar la distribución del tamaño de partículas del suelo
Clasificación de Suelos para propósitos de Ingeniería (SUCS).	D - 2487 (93)	--	Clasificación del Suelo
Clasificación de Suelos para el uso en Vías de Transporte (AASHTO).	D - 3282 (04)	--	Clasificación del Suelo
Compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada , 2700 kN-m/m <sup>3</sup> , 56000pie-lbf/pie <sup>3</sup>	D - 1557 (00)	MTC E-115(00)	Determina la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario de los Suelos (Curva de Compactación)
CBR (Relación de Soporte de California) de Suelos Compactados en Laboratorio (no incluye próctor)	D - 1883 (99)	MTC E-132(00)	Determinar la capacidad de carga. Permite inferir el módulo resiliente.



**a. Propiedades Físicas:**

En cuanto a los ensayos ejecutados, se explican y definen los objetivos de cada uno de ellos. Cabe anotar que los ensayos físicos corresponden a aquellos que determinan las propiedades índices de los suelos y que permiten su clasificación.

**Análisis Granulométrico por tamizado (MTC E-107)**

La granulometría es la distribución de las partículas de un suelo de acuerdo a su tamaño, que se determina mediante el tamizado o paso del agregado por mallas de distinto diámetro hasta el tamiz N°200 (diámetro 0,074 milímetros), considerándose el material que pasa dicha malla en forma global. Para conocer su distribución granulométrica por debajo de ese tamiz se hace el ensayo de sedimentación. El análisis granulométrico deriva en una curva granulométrica, donde se plotea el diámetro de tamiz versus porcentaje acumulado que pasa o que retiene el mismo, de acuerdo al uso que se quiera dar al agregado.

**Límite Líquido (MTC E-110) y Límite Plástico (MTC E-111)**

Se conoce como plasticidad de un suelo a la capacidad de este de ser moldeable. Esta depende de la cantidad de arcilla que contiene el material que pasa la malla N°200, porque es este material el que actúa como ligante.

Un material, de acuerdo al contenido de humedad que tenga, pasa por tres estados definidos: líquidos, plásticos y secos. Cuando el agregado tiene determinado contenido de humedad en la cual se encuentra húmedo de modo que no puede ser moldeable, se dice que está en estado semilíquido, conforme se le va quitando agua, llega un momento en el cual el suelo, sin dejar de estar húmedo, comienza a adquirir una consistencia que permite moldearlo o hacerlo trabajable, entonces se dice que está en estado plástico.

Al seguir quitando agua, llega un momento en el que el material pierde su trabajabilidad y se cuartea al tratar de moldearlo, entonces se dice que está en estado semi seco. El contenido de humedad en el cual el agregado pasa del estado semilíquido al plástico es el Límite Líquido, y el contenido de humedad que pasa del estado plástico al semi seco es el Límite Plástico.

### **Contenido de Humedad Natural (MTC E-108)**

El contenido de humedad de una muestra indica la cantidad de agua que esta contiene, expresándola como un porcentaje del peso de agua entre el peso del material seco. En cierto modo este valor es relativo, porque depende de las condiciones atmosféricas que pueden ser variables. Entonces lo conveniente es realizar este ensayo y trabajar casi inmediatamente con este resultado, para evitar distorsiones al momento de los cálculos.

### **Clasificación de Suelos por el Método SUCS y por el Método AASHTO**

Los diferentes tipos de suelos son definidos por el tamaño de las partículas. Son frecuentemente encontrados en combinación de dos o más tipos de suelos diferentes, como por ejemplo: arenas, gravas, limo, arcillas y limo arcilloso, etc. La determinación del rango de tamaño de las partículas (gradación) es según la estabilidad del tipo de ensayos para la determinación de los límites de consistencia. Uno de los más usuales sistemas de clasificación de suelos es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el cual clasifica al suelo en 15 grupos identificados por nombre y por términos simbólicos.

#### **b. Propiedades Mecánicas:**

Los ensayos para definir las propiedades mecánicas, permiten determinar la resistencia de los suelos ó comportamiento frente a las sollicitaciones de cargas.

### **Ensayo de Próctor Modificado (MTC E-115)**

El ensayo de próctor se efectúa para determinar un óptimo contenido de humedad, para la cual se consigue la máxima densidad seca del suelo con una compactación determinada. Este ensayo se debe realizar antes de usar el agregado sobre el terreno, para así saber qué cantidad de agua se debe agregar para obtener la mejor compactación. Con este procedimiento de compactación se estudia la influencia que ejerce en el proceso el contenido inicial de agua del suelo, encontrando que tal valor es de fundamental importancia en la compactación lograda. En efecto, se observa que a contenidos de humedad creciente, a partir de valores bajos, se obtienen más altos pesos específicos secos y por lo tanto mejores compactaciones del suelo, pero que esta tendencia no se mantiene indefinidamente, sino que al pasar la humedad de un cierto valor, los pesos específicos secos obtenidos disminuían, resultando peores compactaciones en la muestra. Es decir, para un suelo dado y empleando el

procedimiento descrito, existe una humedad inicial, llamada la “óptima”, que produce el máximo peso específico seco que puede lograrse con este procedimiento de compactación.

Lo anterior puede explicarse, en términos generales, teniendo en cuenta que, a bajos contenidos de agua, en los suelos finos, del tipo de los suelos arcillosos, el agua está en forma capilar produciendo compresiones entre las partículas constituyentes del suelo lo cual tiende a formar grumos difícilmente desintegrables que dificultan la compactación. El aumento en contenido de agua disminuye esa tensión capilar en el agua haciendo que una misma energía de compactación produzca mejores resultados. Empero, si el contenido de agua es tal que haya exceso de agua libre, al grado de llenar casi los vacíos del suelo, esta impide una buena compactación, puesto que no puede desplazarse instantáneamente bajo los impactos del pisón.

#### **California Bearing Ratio – CBR (MTC E-132)**

El Índice de California (CBR) es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad, cuidadosamente controladas.

Se usa en proyectos de pavimentación auxiliándose de curvas empíricas. Se expresa en porcentaje como la razón de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón a la misma profundidad en una muestra de tipo piedra partida. Los valores de carga unitaria para las diferentes profundidades de penetración dentro de la muestra patrón están determinados. En la siguiente tabla se presentan las características mecánicas de los suelos, tales Próctor Modificado y CBR (California Bearing Ratio), que corresponden a los resultados de laboratorio.

#### **Perfil estratificado**

Con la información integrada, tanto de campo como de laboratorio, se han establecido los horizontes de los materiales que se encuentran en la vía proyectada. Cada exploración generó la descripción de campo de los suelos, la que conjuntamente con los resultados de laboratorio permitió definir los tipos de suelos y los estratos, verificándose la homogeneidad de los materiales.

En el tramo de un kilómetro de estudio (Km 155+000 al Km 156+000) se presenta el estrato que se mencionan a continuación:

**a) Estrato (M-1)**

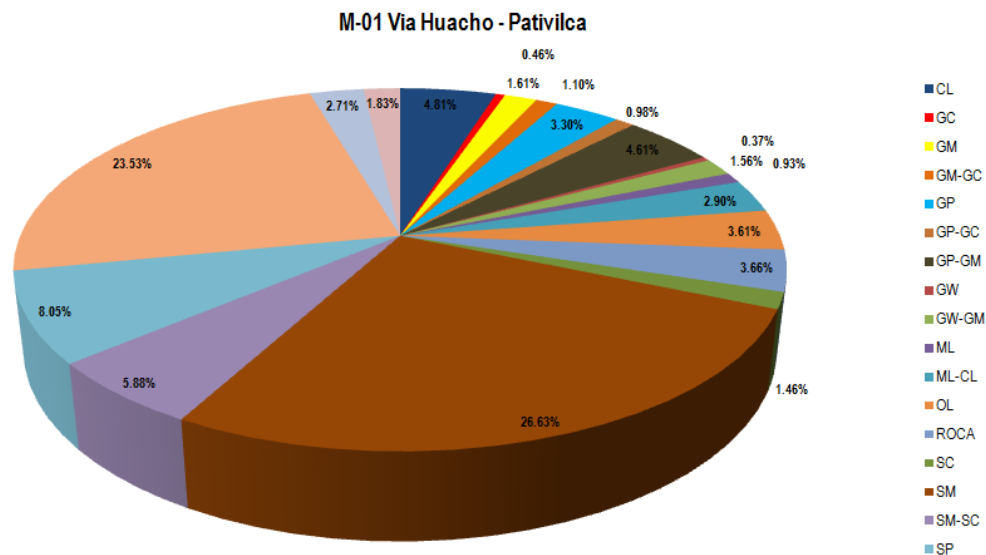
Se observa el predominio de arenas limosas y arcillosas de gradación variable (SM, SP-SM, SP y SM-SC) mayoritariamente no plásticas (NP) húmedas (0,4% a 65,9%) y en menor medida gravas de gradación variable (GP-GM, GP, GM, GW-GM, GM-GC, GP-GC, GC y GW) húmedas (0,6% a 16,2%) y roca.

En caso que el nivel de roca este por encima del nivel proyectado de la subrasante se deberá explanar y profundizar 15 cm por debajo de las cotas de la subrasante proyectada, luego se rellenará y compactará con material seleccionada (equivalente a material de corona en terraplenes), provenientes de excavaciones y/o de canteras.

Tabla 7: *Tipo de suelos M-1*

Fuente: *Manual de Ensayos de Laboratorio (EM – 2000)*

<b>M-01</b>	<b>H (m)</b>	<b>%</b>
CL	19,70	4,81%
GC	1,90	0,46%
GM	6,60	1,61%
GM-GC	4,50	1,10%
GP	13,50	3,30%
GP-GC	4,00	0,98%
GP-GM	18,90	4,61%
GW	1,50	0,37%
GW-GM	6,40	1,56%
ML	3,80	0,93%
ML-CL	11,90	2,90%
OL	14,80	3,61%
ROCA	15,00	3,66%
SC	6,00	1,46%
SM	109,10	26,63%
SM-SC	24,10	5,88%
SP	33,00	8,05%
SP-SM	96,40	23,53%
SW	11,10	2,71%
SW-SM	7,50	1,83%
Total	409,70	100,00%



*Figura 3: tipo de suelo estrato (M-1)*

*Fuente: Propia*

### **Mejoramiento de suelos**

De las prospecciones realizadas en campo a lo largo del eje proyectado se encontró capas de materiales inadecuados, de espesor variable como suelos arcillosos, suelos orgánicos, por lo cual con la finalidad de analizar y definir las actividades necesarias para su tratamiento se ha tomado en cuenta criterios de mejoramientos de suelos que describe a continuación.

Criterio de mejoramiento de suelos

Los sectores de mejoramiento de suelos se han establecido tomando en consideración los siguientes criterios y según las propiedades físicas del suelo:

- a) Estado del Suelo según el Índice de Consistencia.
- b) Criterio de compresibilidad del suelo.
- c) Criterio contenido de humedad del suelo y su compactación (OCH).
- d) Criterio de contenido de humedad del suelo y el límite líquido.
- e) Presencia de nivel freático

**a) Criterio de Estado del Suelo según el Índice de Consistencia:**

Este criterio corresponde a determinar el estado del suelo mediante el valor del índice de consistencia. Este índice puede ser tomado como una medida de la consistencia del suelo, relacionada con la cantidad de agua que es capaz de absorber. Si es negativo el suelo es líquido y en otros casos podrá ser semi-líquido, plástico muy blando o blando, plástico duro y si es mayor que uno, el suelo se encuentra en estado sólido, (Jiménez Salas, José A., “Mecánica de Suelos y sus Aplicaciones a la Ingeniería”).

Ante los tipos de suelos encontrados y aquellos suelos comprometidos por la descomposición biomecánica de algunos carbones fue conveniente evaluarlos por medio de su Índice de Consistencia.

José A. Jiménez Salas en su libro de mecánica de suelos y sus aplicaciones en la Ingeniería realizó un estudio referente a los índices de consistencia determinando unas características del suelo de acuerdo a los rangos establecidos. Se presenta la siguiente escala de consideraciones para el índice de consistencia:

*Tabla 8: Estado de suelo según índice de consistencia*

*Fuente: “mecánica de Suelos y sus Aplicaciones” – J. Jiménez Salas*

Índice de Consistencia	Estado desuelo
< 0,00	Líquido
0,00 – 0,25	Semi líquido
0,25 – 0,50	Plástico muy blando
0,50 – 0,75	Plástico blando
0,75 – 1,00	Plástico duro
> 1,00	Sólido

El índice de Consistencia se determina mediante la siguiente fórmula:

$$I_c = (LL - W) / IP$$

Donde:

LL: Límite Líquido

W: Contenido de Humedad

IP: Índice de Plasticidad.

### b) Criterio de Compresibilidad del Suelo:

Este criterio es aplicable a suelos blandos, en donde la deformación de suelos cohesivos aún bajo cargas relativamente pequeñas, involucra un problema de fundamental interés, por ser causa de graves deficiencias de comportamiento

El autor Carlos Crespo Villalaz, en su texto “Mecánica de Suelos y Cimentaciones”, indica el grado de Compresibilidad de un suelo en función al Índice de Compresibilidad:

*Tabla 9: Grado de compresibilidad del suelo*

*Fuente: “Mecánica de Suelos y Cimentaciones” – C. Crespo Villalaz.*

Cc	Compresibilidad
0,00 – 0,19	Baja
0,20 – 0,39	Media
Mayor a 0,40	Alta

Además Terzaghi y Peck, demuestran que el índice de compresibilidad de un suelo puede ser expresado en función al límite líquido, la expresión es la siguiente (W.Lambe-R. Whitman, “Mecánica de Suelos”).

$$C_c = 0,009 (LL-10)$$

Donde:

LL: Limite Liquido

Con esta expresión podemos calcular inmediatamente la compresibilidad de un suelo, considerándose éste como inadecuado (de compresibilidad alta) cuando el índice de compresibilidad (Cc) es mayor o igual a 0,39.

Por tanto, de acuerdo a los dos criterios anteriores mencionados, se presenta en la siguiente tabla los valores obtenidos para la muestra M-01, M-02, M-03 y M-4 para el Índice de Compresibilidad y el Índice de Consistencia, en el Tramo en estudio.

El espesor de mejoramiento en los sectores con alto coeficiente de compresibilidad (Cc) y bajo Índice de Consistencia (Ic), serán calculados a partir de los esfuerzos en compresión que inducirán al pavimento y a la capa de mejoramiento, la carga prevista, para esto aplicaremos el concepto de Boussinesq, de la siguiente manera.

$$\sigma_z = q_0 * \left[ 1 - \frac{\left(\frac{z}{a}\right)^3}{\left(1 + \left(\frac{z}{a}\right)^2\right)^{\frac{3}{2}}}\right]$$

Carga de Aplicación  $q_0 = 5,6 \text{ Kg/cm}^2$

Radio  $a = 10,80 \text{ cm}$ .

Profundidad  $z = \text{variable} = \text{espesor del pavimento} + \text{espesor de mejoramiento}$

Luego, según Raúl Valle Rodas, (Libro: Carreteras, Calles y Aeropistas, Capitulo I.2 ítem: subrasante (pag. 22) de la sexta edición), el esfuerzo que se presente deberá ser mínimo  $0,10 \text{ Kg/cm}^2$ .

**c) Criterio de contenido de humedad del suelo y el Límite Líquido:**

En este criterio se observa los sectores en donde el contenido de humedad supera el valor del límite líquido, en dichos sectores se procederá a realizar un trabajo de mejoramiento.

4.1.2. Resultados según objetivos

Objetivo general

Realizar y analizar el diseño de la pavimentación flexible del tramo Km 155+000 al Km 156+000 de la nueva calzada ejecutada por la empresa Norvial en zona Huacho – Pativilca – Perú 2017.

Primer objetivo específico

Analizar el tráfico vehicular de la calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho Pativilca – Perú 2017.

- **Número de repeticiones de eje equivalente (ESAL)**

En el método de diseño de AASHTO se requiere calcular el número de repeticiones de ejes equivalentes en función de las cargas de tráfico, el factor de crecimiento y el número de años, las fórmulas que se aplican para dichos cálculos son las siguientes:

$$ESAL = \sum_{i=1}^m F_i n_i$$

$$n_i = (n_o)_i (G) (D) (L) (365) (Y)$$

Donde:

ESAL: el número de repeticiones de eje equivalente (18 kips) aplicada en el periodo de diseño.

Fi: factor de daño por cada eje calculado como:



Eje Simples de rueda simple (P / 6,6)<sup>4</sup>

Eje Simple de rueda doble (P/8,16)<sup>4</sup>

Eje Tándem de rueda doble (P/15,1)<sup>4</sup>

Eje Tridem de rueda doble (P/22,9)<sup>4</sup>

Donde: P= Peso del eje en toneladas (referidas al Reglamento Nacional Vehicular)

Lx : Carga del eje en kips

L2 : factor que depende del tipo de eje (1 para eje simple, 2 eje tándem y 3 eje Tridem)

Pt : serviciabilidad final.

SN : número estructural,

G : factor de crecimiento del tráfico

D : factor de distribución direccional (D=0,50)

L : factor de distribución por carril (L=0,8).

Y : Número de años del periodo de diseño

A partir de esto se han calculado el número de ejes equivalentes de diseño ESAL, tomando el tramo I de Huacho – Huaura para el estudio del presente trabajo (Km 155+000 – Km 156+000) el cual se indica a continuación:

- Tramo I: Huacho – Huaura.

Tabla 10: *Número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL) tramo Huacho – Huaura.*

Fuente: Propia

Año	Tramo
	I HUACHO - HUAURA
2014	1,34E+06
2015	1,39E+06
2016	1,45E+06
2017	1,51E+06
2018	1,57E+06
2019	1,63E+06
2020	1,70E+06
2021	1,76E+06
2022	1,83E+06
2023	1,91E+06
2024	1,98E+06
2025	2,06E+06
2026	2,15E+06

Para el diseño de la estructura de pavimento se define el ESAL proyectado a 10 años la cual se presenta en la siguiente tabla. Se ha considerado el inicio de operación en el año 2017 y el término al final de la Concesión en enero de 2026.

Tabla 11: *Resumen de ESAL de las estaciones de Conteo*

Fuente: Propia

Periodo de diseño	Tramo
	I
	HUACHO - HUAURA
Esal 0-10 años	1,81E+07

- **Criterio contenido de humedad del suelo y su compactación (OCH):**

Los procesos de compactación dependen de varios factores, naturaleza del suelo, método de compactación, energía de compactación, contenido de agua del suelo, entre otros. Siendo el factor determinante el contenido de humedad para lograr las densidades exigidas en las especificaciones Técnicas (95% del ensayo de densidad máxima de laboratorio).

Si la humedad del suelo es muy elevada, será necesario eliminarlos.

Segundo objetivo específico

Analizar el valor relativo de soporte para el diseño de la calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho Pativilca, tramo de estudio Km 155+000 al Km 156+000.

La sub rasante es la capa superficial, sobre la cual se apoya el pavimento. Su capacidad de soporte en condiciones de servicio, junto con el tránsito y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituyen las variables básicas para el diseño del pavimento.

De acuerdo a la capacidad de soporte de la sub rasante (CBR), se distinguen cinco categorías:

- S0: Subrasante muy pobre    CBR < 3%
- S1: Subrasante pobre        CBR = 3% - 5%
- S2: Subrasante regular       CBR = 6 - 10%
- S3: Subrasante buena        CBR = 11 - 19%
- S4: Subrasante muy buena   CBR > 20%

Se consideran como materiales aptos para la conformación de la sub rasante, suelos con CBR igual o mayor de 6%. Caso contrario, se recomienda realizar trabajos de mejoramiento

de sub rasante, con lo cual se logra eliminar dicha capa de material inadecuado, colocando material granular con CBR mayor a 6%.

Con los datos de topografía (cota de rasante y cota de terreno natural), los resultados de laboratorio y los espesores de mejoramiento establecidos, se calculó el CBR de diseño para el tramo en estudio.

### Suelo de fundación

El comportamiento del suelo de fundación es considerado en términos del módulo resiliente compuesto. Para calcularlo se considera los espesores de los diferentes estratos de suelos identificados en las prospecciones de campo a lo largo del eje de la vía proyectada teniendo en cuenta que las capas partícipes serán aquellas que se encuentren por debajo de 1,5 m. de profundidad a partir de la rasante.

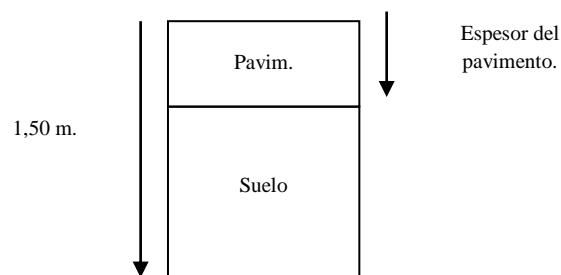


Figura 4: Suelo de fundacion.

Fuente propia

Para el cálculo del Módulo Resiliente Compuesto, se utiliza la siguiente relación establecida por la guía AASHTO 93:

$$Mr_{comp} = \frac{Mr_1 \times d_1^3 + Mr_2 \times d_2^3}{d_1^3 + d_2^3}$$

Donde:

$Mr_i$ : Módulo Resiliente del estrato  $i$ .

$d_i$ : Espesor del estrato  $i$ , comprendido entre la profundidad de influencia de 1,50 m.

Es importante mencionar, que los estratos a considerar en el análisis, serán aquellas que se encuentren por debajo de 1,5 m. de profundidad a partir de la sub rasante.

Asimismo el módulo resiliente para cada estrato se calculara mediante la relación que la guía AASHTO 2002 el cual se indica continuación:

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

En consecuencia a lo mencionado, se procedió a calcular el CBR de diseño de la sub rasante, el cual se muestra en el anexo del presente informe.

El CBR es la división entre la fuerza necesaria para producir una penetración de 2,5 mm en el suelo entre la misma fuerza para la muestra patrón. En este caso los resultados obtenidos en el Resultado de Ensayo de la C-41 se observa que el mayor valor de CBR 0,2” es 7,60%, tomando el mayor entre el CBR 0,1” y CBR 0,2”.

El valor de CBR de diseño que se utilizará en el presente documento para efectos del diseño es 7% ya que se debe redondear hacia el número inferior, de lo contrario se le estaría otorgando una mejor capacidad al suelo de la que realmente tiene.

En base a los resultados de laboratorio y al análisis del cálculo de CBR compuesto se calculó el módulo resiliente efectivo para el diseño de acuerdo a la guía AASHTO 93, obteniéndose un resultado homogéneo a lo largo de la vía, la cual se presenta en el siguiente cuadro:

Tabla 12: *Capacidad de soporte sub rasante (CBR)*

Fuente: Propia

SECTOR	DE	HASTA	CBR diseño	Mr (Psi)
Huacho - Pativilca	155+000	156+000	7,00	8876,74

Tercer objetivo específico

Analizar la metodología AASHTO e Instituto del asfalto para el diseño de la calzada en el tramo Km155+000 al Km 156+000 ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho Pativilca.

4.2.- Diseño por el Metodo AASHTO:

El diseño del pavimento será efectuado mediante el método AASHTO 93.este método de diseño desarrollado los años 50 ha tenido varias versiones de sus guías de diseño siendo la versión del año 1993 la que se emplea actualmente para el diseño de pavimentos el procedimiento de diseño es el siguiente:

- Calculo del tráfico de diseño
- Determinación del módulo resiliente efectivo de diseño
- Caculo del número estructural
- Calculo de los espesores de diseño

VARIABLES DE DISEÑO

**a) Confiabilidad (Desviación estándar normal)**

La confiabilidad es un parámetro relacionado con el grado de incertidumbre, la variación en las predicciones del tráfico y de la respuesta de los pavimentos, y la importancia de la vía los valores fluctúan entre 50% para vías locales a 99,9% en vías nacionales, tal como se aprecia en la siguiente tabla:

Tabla 13: *Valores sugeridos de confiabilidad AASTHO 1993*

Fuente: Guía de diseño AASHTO

Classification Funcional	Nivel de confiabilidad recomendado	
	Urbano	Rural
Vías interestatales y autopistas	85-99,9	80-99,9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Local	50-80	50-80

La confiabilidad considerada en el diseño es de 95%.

En la siguiente tabla se muestra los valores de Desviación Standard Normal que se adopta en base al Nivel de Confianza, según la Guía de Diseño AASHTO:

Tabla 14: *Valores de desviación estándar normal*

Fuente: *Guía de diseño AASHTO*

Niveles de Confiabilidad	Desviación Estándar Normal
60	-0,253
-	-
90	-1,282
<b>95</b>	<b>-1,645</b>
96	-1,751
97	-1,881

<b>Niveles de Confiabilidad</b>	<b>Desviación Estándar Normal</b>
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,090

### **b) Desviación Estándar Total (S0)**

Es la desviación estándar de la población de valores obtenidos por AASHTO, varía de 0,40 a 0,50 para pavimentos flexibles. Para este diseño se ha considerado 0,42.

### **c) Variación del Índice de Serviciabilidad**

La serviciabilidad es un parámetro que relaciona la condición funcional con la condición estructural de la vía. El Índice de Serviciabilidad Presente (PSI), varía de 0 (carretera imposible) hasta 5 (carretera perfecta). Para el presente diseño se emplearon los siguientes valores:

Serviciabilidad inicial= 4,2

Serviciabilidad final = 2,5

$\Delta=1,70$

### **d) Coeficiente de drenaje**

El drenaje está considerado dentro del diseño como un factor que afecta directamente el coeficiente de capa y se estima en función del porcentaje de tiempo que la estructura está próximo a la saturación y de acuerdo a la calidad del drenaje.

La saturación de la estructura está en función de las características granulométricas de los componentes del pavimento y de la porosidad, así como del caudal de agua que pueda ingresar por precipitaciones fluviales, capilaridad o nivel freático.

En la siguiente tabla se muestra los valores recomendados para modificar los coeficientes de capas de base y subbase granular, frente a condiciones de humedad:

Tabla 15: Valores recomendados de (mi) para modificar los coeficientes estructurales de bases y sub bases granulares en pavimentos flexibles AASHTO 93

Fuente: Guía de diseño AASHTO

Calidad del drenaje	Porcentaje de tiempo que la estructura de pavimento está expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación			
	<1%	1-5%	5-25%	>25%
Excelente	1,40-1,35	1,35-1,30	1,30-1,20	1,20
Bueno	1,35-1,25	<b>1,25-1,15</b>	1,15-1,00	1,00
Regular	1,25-1,15	1,15-1,05	1,00-0,80	0,80
Malo	1,15-1,05	1,05-0,80	0,80-0,60	0,60
Muy malo	1,05-0,95	0,95-0,75	0,75-0,40	0,40

Se adoptó como coeficiente de Drenaje igual a 1,20 tanto para base granular como para la sub base granular.

**e) Periodo de Diseño**

El período de diseño empleado para el cálculo de la estructura del pavimento es de 10 años.

**f) Coeficiente de Aporte Estructural**

Los coeficientes estructurales de capa fueron estimados a partir de las correlaciones que la guía de diseño presenta en las figuras 06, 07 y las ecuaciones indicadas a continuación, los resultados se resumen en la siguiente tabla:

$$a_2 = 0.249(\log_{10} E_{BS}) - 0.977$$

$$a_3 = 0.227(\log_{10} E_{SB}) - 0.839$$

Donde:

$E_{BS}$ : módulo resiliente de la base

$E_{SB}$ : módulo resiliente de la sub base

Figura 5: Coeficiente de aporte estructural de la carga asfáltica  
Fuente: Guía AASHTO "Diseño de estructuras de pavimentos, 1993".

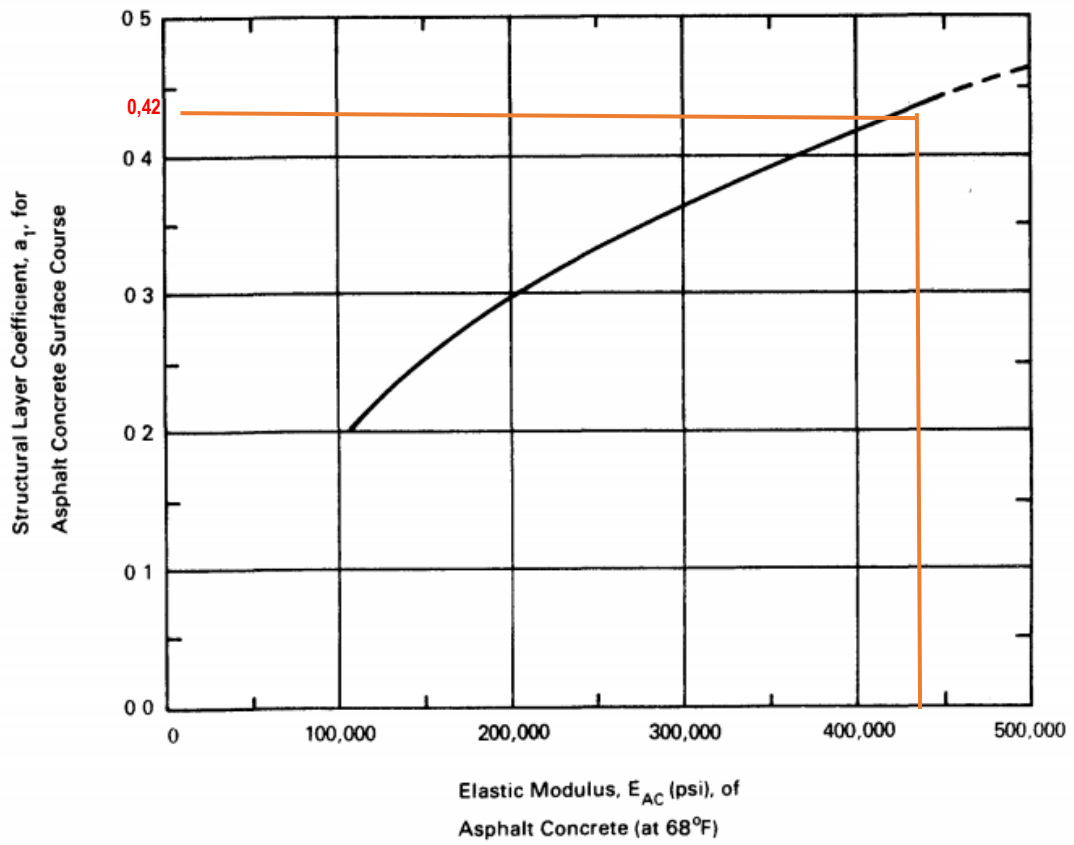
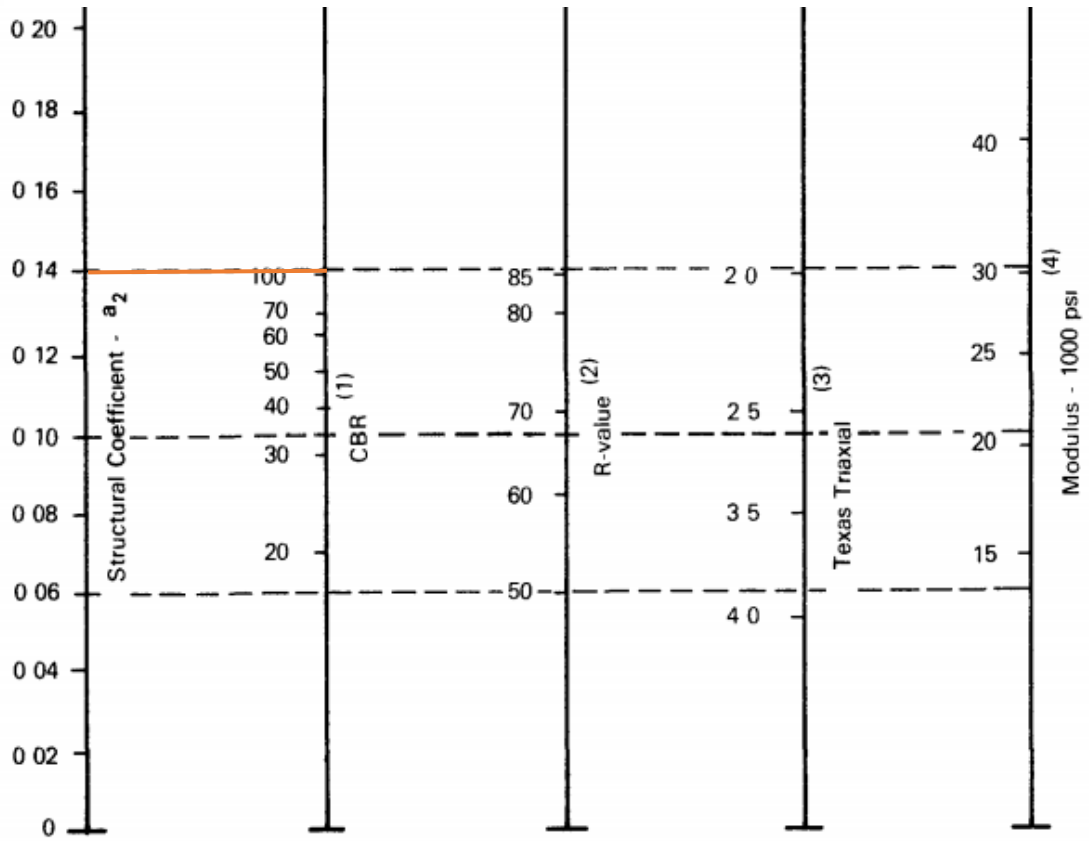




Figura 6 : Coeficiente de aporte estructural de base

Fuente : Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”.



- (1) Scale derived by averaging correlations obtained from Illinois
- (2) Scale derived by averaging correlations obtained from California, New Mexico and Wyoming
- (3) Scale derived by averaging correlations obtained from Texas
- (4) Scale derived on NCHRP project (3)

Figura 7: Coeficiente estructural de sub base  
 Fuente : Guía AASHTO “Diseño de estructuras de pavimentos, 1993”

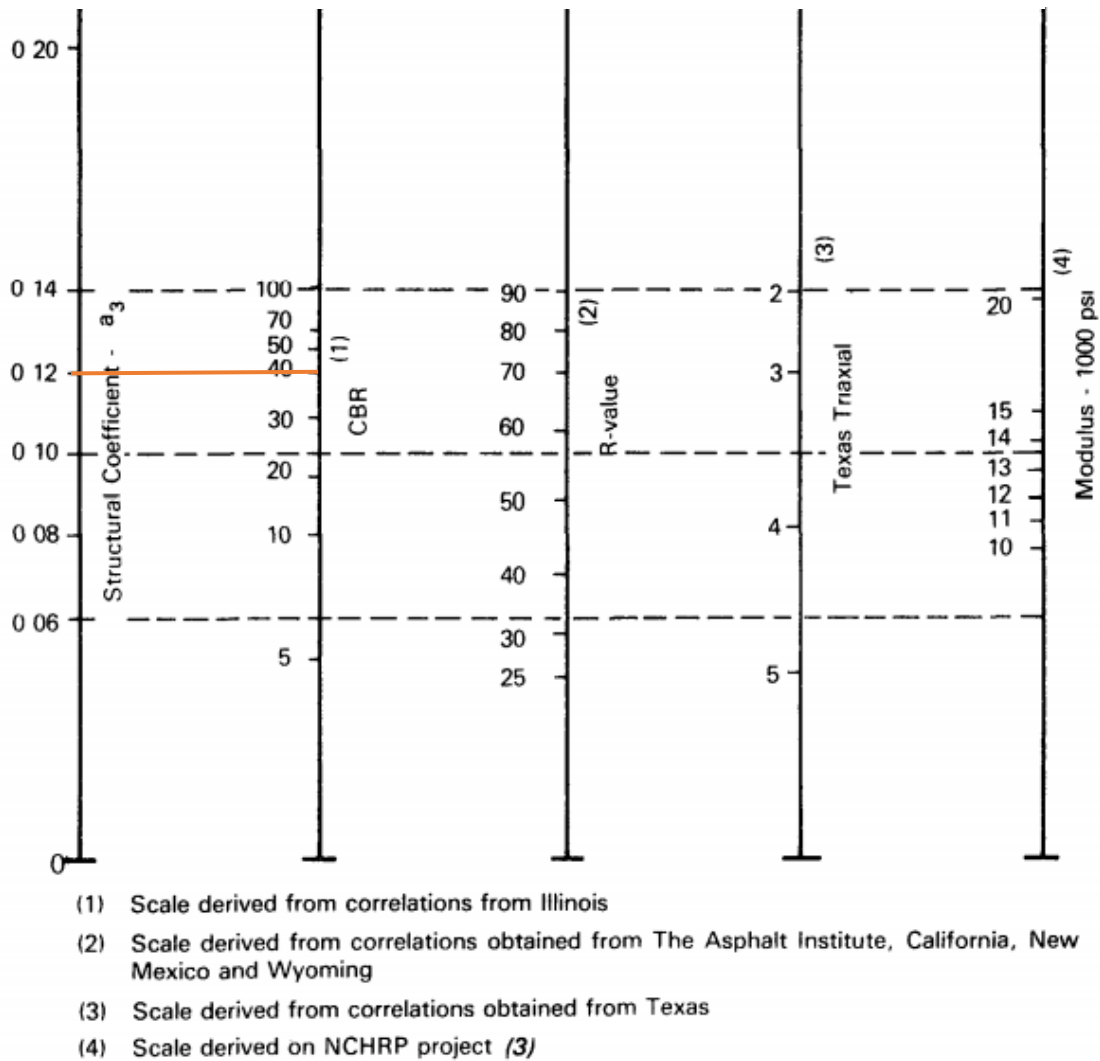


Tabla 15: Coeficiente estructural de las capas participes en el pavimento nuevo

Fuente: Propia

Capa	CBR (%)	Mr (psi)	Coef. Estruct
Carpeta Asfáltica	---	420,000	0,42/pulg
Base Granular	100	30,000	0,14/pulg
Sub Base Granular	40	17,000	0,12/pulg

## Diseño de espesores de pavimento

Para poder diseñar los espesores del pavimento flexible hay que conocer los parámetros anteriormente ya mencionados y calculados. Adicionalmente hay que realizar el cálculo de número estructural, el cual es un valor adimensional que representa una equivalencia numérica de la capacidad estructural del pavimento y se calcula resolviendo la siguiente ecuación:

$$\log W_{18} = Z_R S_o + 9.36 \log(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log(M_R) - 8.07$$

Donde:

W18: Número de repeticiones de eje equivalente (ESAL)

ZR : confiabilidad

So : desviación estándar

SN : número estructura

$\Delta PSI$ : Pérdida de serviciabilidad

MR : módulo resiliente de la subrasante

Ya conocido el número estructural, se procede a estructurar el pavimento conformado por las capas de sub base granular, base granular y carpeta asfáltica, mediante la siguiente expresión:

$$SN = \sum_{i=1} a_i D_i m_i$$

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3 .$$

Donde:

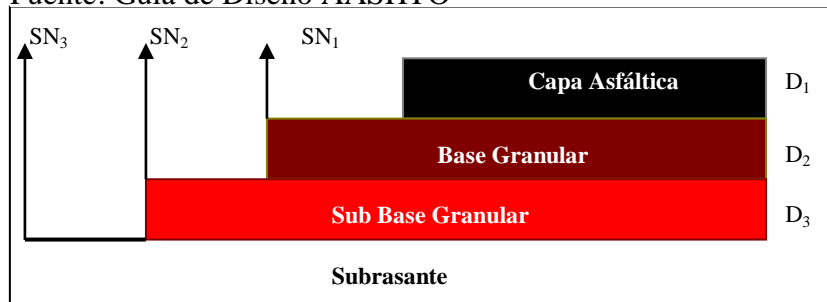
$a_i$ : coeficiente de capa en función de las propiedades de los materiales

$D_i$ : Espesores

$m_i$ : coeficientes de drenaje

Figura 8: Esquema de la estructuración del pavimento nuevo

Fuente: Guía de Diseño AASHTO



Espesores de pavimento –una etapa de 10 años

**a) Tramo 1: Huacho - Huaura**

Tabla 17: *Calculo del SN requerido para diseño en una etapa - sector 1*

Fuente: Propia

Parámetros de Diseño		0-10 años
Número de ejes equivalentes		1,81E+07
Módulo Resilente, Mr (psi)		8876,74
Nivel de Confianza, R (%)		95,00
Factor de confiabilidad, Zr		-1,645
Desviación estándar, So		0,42
Serviciabilidad Inicial		4,20
Serviciabilidad Final		2,50
$\Delta$ PSI		1,70
<b>Número Estructural Requerido</b>		<b>SN</b>
		5,3
Carpeta asfáltica	---	$a_1 = 0,42$ D <sub>1</sub> (pulg.)
Base Granular	$m_2 = 1,20$	$a_2 = 0,14$ D <sub>2</sub> (pulg.)
Sub base Granular	$m_3 = 1,20$	$a_3 = 0,12$ D <sub>3</sub> (pulg.)

Teniendo los coeficientes estructurales y coeficientes de drenaje podemos obtener los espesores para la carpeta asfáltica, base granular y sub base granular, para un SN no menor a 5,3 para el cual tenemos 5 alternativas:

Tabla 18: *Alternativa de diseño para método AASHTO*  
*Fuente propia*

Fuente: Propia

Capa	Alternativas				
	1	2	3	4	5
	<b>Espesores (pulg)</b>				
Carpeta Asfáltica	4	4	4	5	5
Base	10	12	15	10	12
Sub Base	15	12	10	12	10

Los resultados obtenidos con las variables de diseño AASHTO 93, tomando en cuenta el CBR de diseño en el tramo analizado (Km 155+000 – Km 156+000), se tuvo 5 alternativas los cuales cumplen con los parámetros establecidos en el manual de carreteras, como la mejor alternativa de este método se elige el siguiente:

Tabla 19: *Resumen de resultado en el tramo de estudio*

Fuente: Propia

Estructura propuesta	I
	Km 155+00 – Km 156+00
Carpeta asfáltica (pulg)	4
Base granular (pulg)	10
Sub base granular (pulg)	15

#### 4.3.- Diseño por el Metodo del Instituto del Asfalto:

En este procedimiento de diseño, la estructura de un pavimento es considerada como un sistema elástico de capas múltiples. El material en cada una de las capas se caracteriza por su módulo de elasticidad.

Este procedimiento es usado para el diseño de pavimentos de asfalto compuesto de combinaciones de capa asfáltica, base y sub-base sin ningún tratamiento; la subrasante es la capa subyacente más baja y es asumida infinita en los dos sentidos horizontal y vertical; las otras capas de espesor finito, se asumen infinitas hasta cierto punto en el sentido horizontal. Una continuidad total es asumida en la unión entre cada una de las capas para efectos de diseño.

La metodología es adoptada de tal forma que se cumplan dos condiciones básicas: que las deformaciones por tracción producidas en la fibra inferior de las capas asfálticas y las deformaciones verticales por compresión en la parte superior de la subrasante no superen los valores admisibles.

### **Variables de Diseño**

#### **a) Transito**

Se considera el número y peso de las cargas por eje que se esperan serán aplicadas al pavimento durante su periodo de vida.

#### **b) Suelos de la Sub rasante**

El Instituto de Asfalto exige el conocimiento de la resistencia de la subrasante el cual se determina por medio del módulo de resiliencia ( $M_r$ ).

#### **c) Temperatura**

El método incluye factores de medio ambiente y diferentes clases de tipos de asfalto; para el caso se consideran tres diferentes temperaturas dependiendo de la región ó zona en donde se pretenda construir el pavimento, climas fríos ( $7^{\circ}\text{C}$ ), templados ( $15,5^{\circ}\text{C}$ ) y cálidas ( $24^{\circ}\text{C}$ ).

#### **d) Materiales para construcción de Pavimento**

En cuanto a la rodadura, el método considera la utilización de mezclas asfálticas del tipo concreto asfáltico, las bases pueden ser en concreto asfáltico, estabilizadas con emulsión asfáltica o granulares. Las bases estabilizadas con emulsiones asfálticas corresponden a tres tipos de mezcla, según la clase de agregados utilizados:

Tipo I Mezcla de emulsiones asfálticas con agregados procesados, densamente graduados.

Tipo II Mezcla de emulsiones asfálticas con agregados semiprocesados, de trituración, de bancos o carreteras.

Tipo III Los materiales que se utilicen para la construcción de las bases estabilizadas deben cumplir con los requisitos de calidad propuestos:

Tabla 20: Características de los materiales aptos para construcción de bases estabilizadas con emulsiones asfálticas.

Fuente : Ingeniería de Pavimentos de Carreteras, Alfonso Montejo Fonseca, “2da Edición, 1998.

Tamiz	Agregados para mezclas Tipo I					Agregados para mezclas Tipo II	Agregados para mezclas Tipo III	
	Porcentaje que pasa						Arenas	Arenas Limosas
50,8	100	-	-	-	-	-	-	-
35,1	90-100	100	-	-	-	100	-	-
25,4	-	90-100	100	-	-	80-100	-	-
19,1	60-90	-	90-100	100	-	-	-	-
12,7	-	60-80	-	90-100	100	-	100	100
9,52	-	-	60-80	-	90-100	-	-	-
4,76	20-55	25-60	35-65	45-75	60-80	25-85	75-100	75-100
2,38	10-40	15-45	20-50	25-55	35-65	-	-	-
0,3	2-16	3-18	3-20	5-20	6-25	-	-	-
0,149	-	-	-	-	-	-	-	-
0,074	0-15	1-15	2-15	2-15	2-15	3-15	3-12	12-25
Equivalente de arena						25% minimo		
Desgaste						40% maximo		
Perdidas ensayo solidez						25% maximo		
% caras fracturadas						65% maximo		
Emulsion recomend.						Anionica o cationica de rompimiento lento	Anionica o cationica de rompimiento lento o cationica de rompimiento medio	

El método considera la posibilidad de utilizar materiales granulares de base y sub-base, en dichos casos, se aconseja que estos materiales se ajusten a los requisitos de calidad indicados en la siguiente tabla:

Tabla 21: Requisitos de calidad de las capas granulares.

Fuente : Ingeniería de Pavimentos de Carreteras, Alfonso Montejo Fonseca, “2da Edición, 1998.

Ensayo	Requisitos de los ensayos	
	Subbase granular	Base granular
CBR mínimo o R mínimo	20	80
	55	78
L.L. máximo	25	25
L.P máximo	6	NP
Equivalente de arena, mínimo	25	35
% N° 200, máximo	12	7

### Procedimiento de Diseño

Este método proporciona para el diseño final de los espesores de una estructura de pavimento, 18 figuras de diseño, 9 en sistema métrico y 9 en sistema inglés, las mismas que se encuentran en escalas logarítmicas y para los siguientes parámetros:

- Las tres condiciones climáticas consideradas.
- Estimación del tránsito esperado durante el periodo de diseño expresado como número acumulado de ejes simples equivalentes de 8,2 toneladas en el carril de diseño
- Resistencia de los suelos típicos de subrasante.
- Elección de los tipos de base y capa de rodadura a utilizar. Para cada tipo de base elegido el método presenta una gráfica de diseño que permite determinar los espesores de las diversas capas del pavimento:

Capa de Concreto Asfáltico de una sola capa ó espesor total, capa de base sin estabilizar de 15cm, capa de base sin estabilizar de 30cm.

Es importante indicar que cuando se desee utilizar bases estabilizadas de los tipos II o III deberán cubrirse con concreto asfáltico en espesor no inferior a los que se indican en la siguiente tabla:



Tabla 22: Espesores mínimos de concreto asfáltico sobre bases de otra clase.  
Fuente: Ingeniería de Pavimentos de Carreteras, Alfonso Montejo Fonseca, “2da Edición, 1998.

<b>Bases estabilizadas con emulsion asfáctica</b>	
<b>Nivel de tránsito</b>	<b>Espesores mínimos sobre bases Tios II y III* (cm)</b>
10 <sup>4</sup>	5,0
10 <sup>5</sup>	5,0
10 <sup>6</sup>	7,5
10 <sup>7</sup>	10,5
>10 <sup>7</sup>	12,5

\*Sobre las bases de Tipo II y III puede solocarse una del Tipo I y un tratamiento superficial en lugar del concreto asfáltico

<b>Bases de Tipo Granular</b>		
<b>Nivel de Tránsito (N)</b>	<b>Condición de Tránsito</b>	<b>Espesor mínimo de concreto asfáltico cm</b>
	Vías de tránsito	
≤ 10 <sup>4</sup>	liviano	7,5*
10 <sup>4</sup> – 10 <sup>6</sup>	Vías de tránsito medio	10,0
≥ 10 <sup>6</sup>	Vías d tránsito medio a pesado	12,5

\*Para pavimentos con espesor pleno de concreto asfáltico o con base estabilizada con emulsión asfáltica, se requiere un espesor mínimo de 10 cm para esta clase de tránsito, tal como se indica en las gráficas de siseño.

### **Suelos de Sub Rasante**

Las cartas de diseño del Manual del IA requiere de un Modulo de Resilencia Mr de la subrasante, que puede determinarse a traves de ensayos de laboratorio, para facilitar el uso de las cartas de diseño con otros ensayos ampliamente usados, se han establecidos

correlaciones del Mr, con el CBR y con los valores R. El Mr puede estimarse a partir del valor de CBR de acuerdo a la siguiente relación:

$$Mr \text{ (psi)} = 1500 \text{ CBR}$$

$$Mr \text{ (Mpa)} = 10,3 \text{ CBR}$$

Tabla 23: Valor percentil por nivel de transito

Fuente : Ingeniería de Pavimentos de Carreteras, Alfonso Montejo Fonseca, “2da Edición, 1998.

Nivel de tránsito	Valor percentil para diseño de subrasante
< de 10,000 ESAL's	60
Entre 10,000 y 1,000,000 ESAL's	75
> De 1,000,000 ESAL's	87,5

Con los valores obtenidos en el laboratorio, del Módulo de Resiliencia, se deberá calcular el Mr de diseño de la capa de la subrasante con los percentiles de la tabla anterior.

Las capas de base y subbase que son formadas por materiales granulares sin ningún tratamiento, (no estabilizadas), se deben compactar con un contenido de humedad +- 1,5 % de la humedad óptima, para alcanzar la densidad mínima del 100% de la densidad seca máxima de laboratorio.

Es importante señalar que también el método incluye factores de medio ambiente y diferentes clases de tipos de asfalto; para el caso se consideran tres diferentes temperaturas dependiendo de la región ó zona en donde se pretenda construir el pavimento, climas fríos (7°C), templados (15,5° C) y cálidas (24° C) en los cuales se utilizan cementos asfálticos desde el AC-5 hasta el AC-40, por lo que se recomienda la clasificación siguiente:

Tabla 24: Grado de Asfalto según temperatura de la zona.

Fuente : Ingeniería de Pavimentos de Carreteras, Alfonso Montejo Fonseca, “2da Edición, 1998.

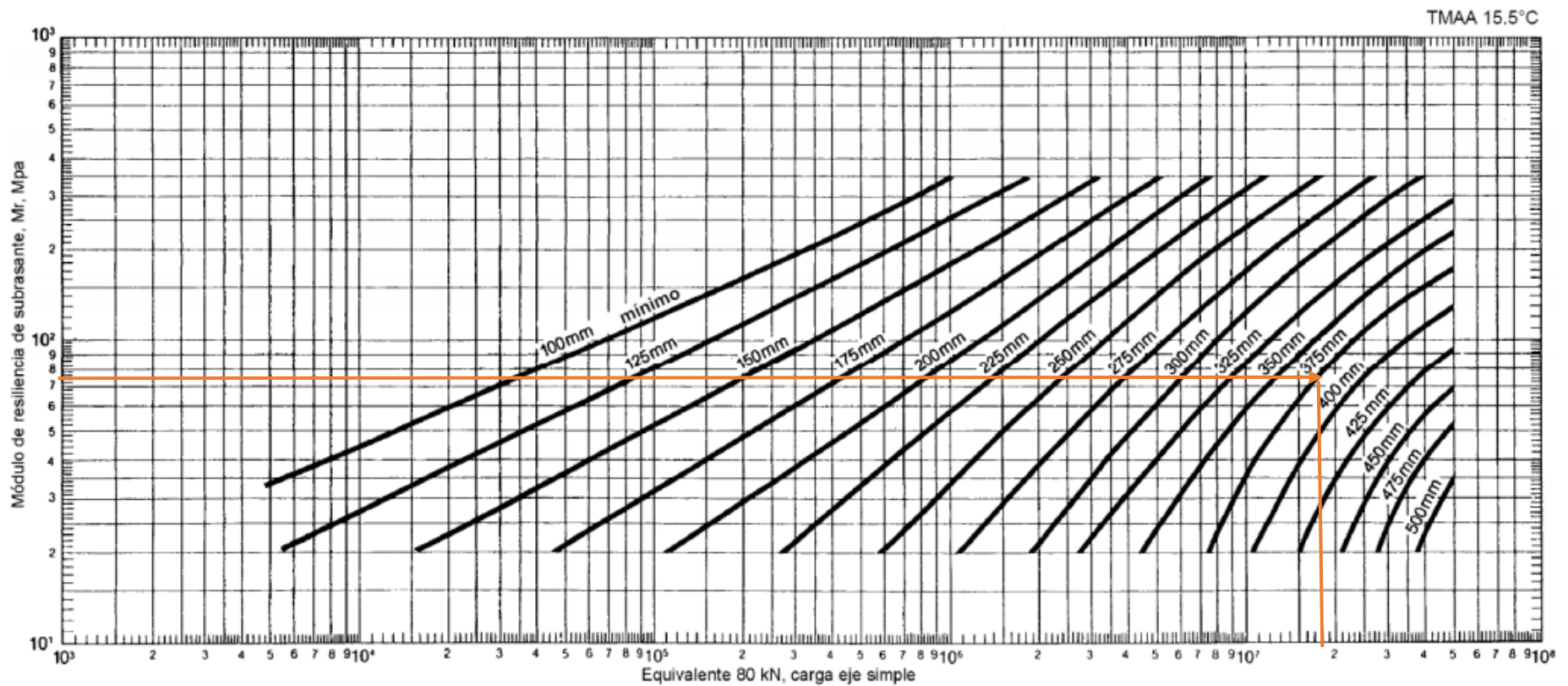
CLIMA	TMAA	GRADO DE ASFALTO
Frio	Menor o igual a 7°C	AC-5, PEN 120/150, AC-10, PEN 85/100
Templado	Entre 7° y 24°C	AC-10, PEN 85/100, AC-20, PEN 60/70
Cálido	Mayor a 24°C	AC-20, PEN 60/70, AC-40, PEN 40/50

**Diseño con el Método de Instituto del Asfalto:**

Se diseñara el pavimento usando una base de agregados no tratados uno de 150 mm y el otro de 300 mm para las siguientes condiciones:

Mr=72,1 Mpa, Trafico EAL= 1,81 E+07; Clima=MAAT 15,5°C

Parámetros de Diseño	0-10 años
Número de ejes equivalentes	1,81E+07
CBR	7,00 %
Módulo Resilente, Mr (psi)	10500
Módulo Resilente, Mr (Mpa)	72,10
Zona	Templada
Clima (°C)	15,5

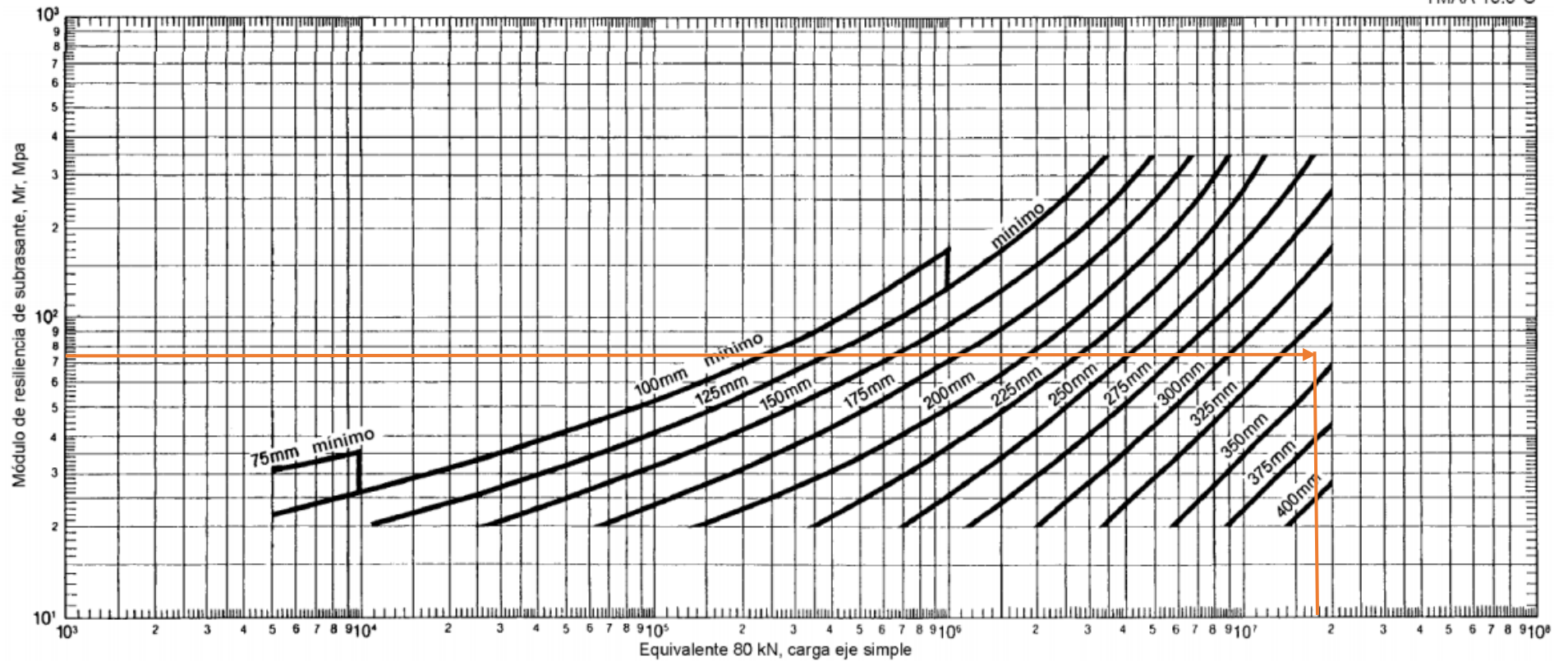


Activar Windows

Figura 9: Abaco para determinar el espesor del pavimento completo de concreto asfáltico.

Fuente: INGENIERÍA DE PAVIMENTOS DE CARRETERAS, Alfonso Montejó Fonseca, 2da. Edición, 1998.

Según los datos que tenemos en el abaco tendremos: 375 mm de concreto asfáltico.



### Agregado de base de 150 milímetros de espesor

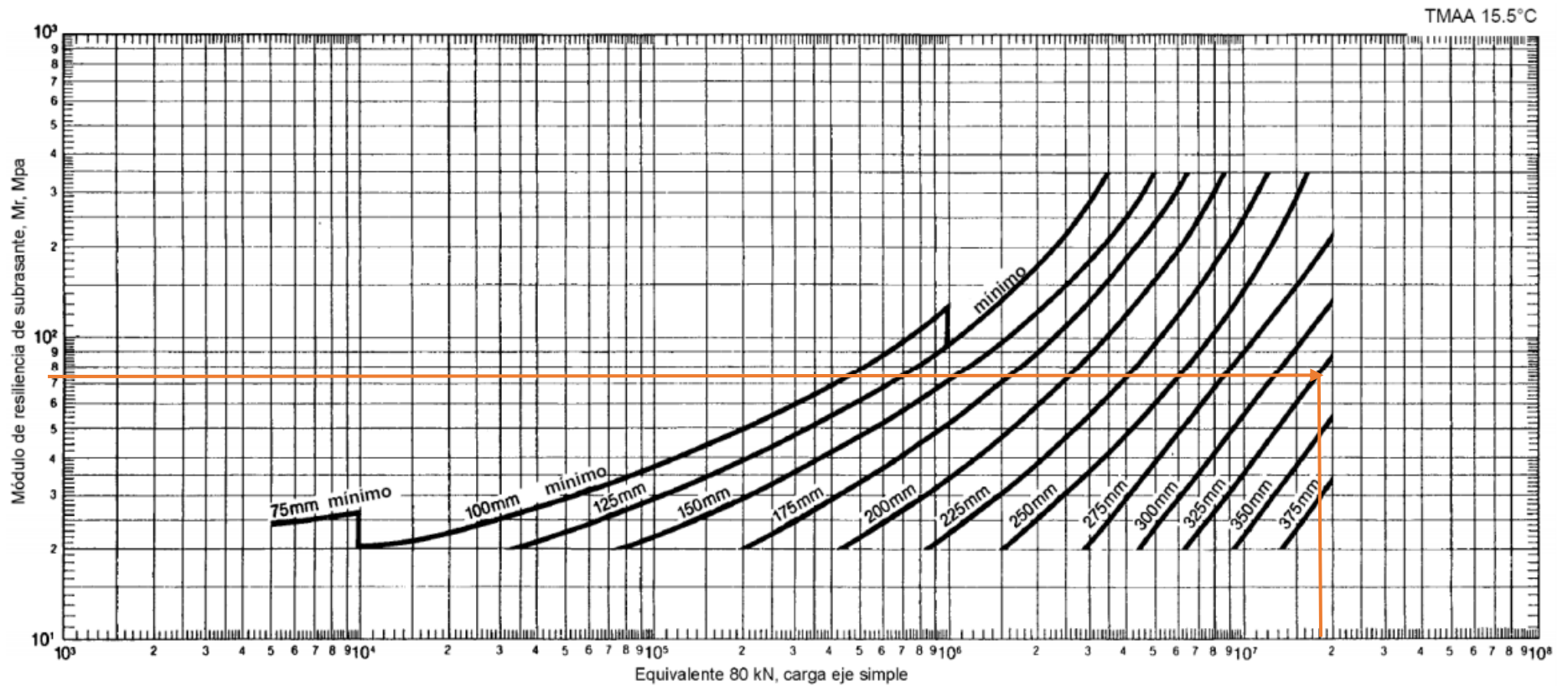
Figura 10: Abaco para determinar el espesor de la capa asfáltica considerando un agregado de base de 150mm de espesor.

Fuente: INGENIERÍA DE PAVIMENTOS DE CARRETERAS, Alfonso Montejo Fonseca, 2da. Edición, 1998.

Con el siguiente ábaco tendremos los siguientes espesores:

335 mm de concreto asfáltico

150 mm de base con agregados no tratados



### Agregado de base de 300 milímetros de espesor

Figura 11: Abaco para determinar el espesor de la capa asfáltica considerando un agregado de base de 300mm de espesor.

Fuente: INGENIERÍA DE PAVIMENTOS DE CARRETERAS, Alfonso Montejó Fonseca, 2da. Edición, 1998.

Con el siguiente ábaco tendremos los siguientes espesores:

325 mm de concreto asfáltico

300 mm de base con agregados no tratados

Tabla 25 Resumen de Resultados para Método del Instituto del asfalto  
Fuente: propia

Estructura Propuesta	Huacho - Huaura (Km155+000 - Km 156+000)		TOTAL
	mm	Pulg	Pulg
Carpeta Asfáltica	375	15	<b>15,6</b>
Carpeta Asfáltica	335	13,4	<b>19,6</b>
Base granular	150	6	<b>19,6</b>
Carpeta Asfáltica	325	13,0	<b>25,2</b>
Base granular	300	12	<b>25,2</b>



## CAPÍTULO V

### DISCUSIÓN

#### 5.1 Discusión de resultados

Teóricamente la pavimentación es la capa o base que constituye el suelo de una construcción o de una superficie no natural, en la realidad encontramos que la de pavimentación de la nueva calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho Pativilca. En el primer sector Huacho - Supe: se analizara los dos métodos de diseño empleados que fueron AASHTO e Instituto del Asfalto para los cuales se obtuvieron diferentes dimensiones de capas a emplear. Por ello se comparara cual es el que tiene mayor beneficio económico y cumple con las normas establecidas en el manual de Carreteras.

Teóricamente la calzada es parte de la carretera destinada normalmente a la circulación de los vehículos, en la realidad encontramos que el tráfico de la calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho Pativilca. El ESAL de diseño ha sido calculado en base a la información del estudio de tráfico realizado en mayo 2014 (IMD por tipo de vehículo y las tasas de crecimiento). Considerando el año 2017 como inicio de operación, el ESAL de diseño para una vida útil de del pavimento de 10 años es: tramo I de Huacho – Huaura en el Km 155+000 al Km 156+000 el Esal es  $1,81E+07$  y cumple con el diseño y esta efectuado para una condición con control de cargas, empleando las cargas establecidas en el Manual de carreteras vigente.

Las tesis mencionan que después de haber realizado el conteo de vehículos para estudios de esta tesis, concluyen que el tráfico vehicular crece a diario. Con el resultado que se obtuvo del conteo vehicular para el tramo Km 155+000 al Km 156+000, consideramos necesario emplear el 4 % para el cálculo del ESAL y no el 3,5% que empleó la empresa Norvial. Para evitar en el futuro fallas en la vía a causa del alto tráfico vehicular.



Teóricamente el valor relativo de soporte es una prueba para determinar las características de resistencia de un suelo que se utiliza principalmente para el diseño de pavimentos, en la realidad encontramos que el valor relativo de soporte de la calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho Pativilca – Perú 2017. En base a los resultados de laboratorio y al análisis del cálculo de CBR compuesto se calculó el módulo resiliente efectivo para el diseño de acuerdo a la guía AASHTO 93, obteniéndose un resultado homogéneo a lo largo de la vía, en Huacho – Pativilca de 147+000 hasta 204+339 con CBR diseño 19,84 y Mr (Psi) 17288,44.

Las tesis mencionan que el valor relativo de soporte o conocido también como CBR encontrado en el tramo de estudio es regular ya que esto se debe al tipo de suelo que se encontró en el tramo Km 155+000 al Km 156+000 de un kilómetro, por tanto este valor se tuvo en cuenta al momento de hacer los diseños para el pavimento flexible con el fin de mejorar la calidad de este y evitar fallas en la estructura vial. Por lo que se trabajó con un CBR de 7% en comparación con el 19,84% usado por la empresa norvial que de acuerdo a la capacidad de soporte de la subrasante se encuentra en la categoría muy buena.

Teóricamente la metodología AASHTO es uno de los métodos más utilizados a nivel internacional para el diseño de pavimentos y concreto hidráulico. También empleando el método de diseño del Instituto del Asfalto que se basa principalmente en la aplicación de la teoría elástica multicapas, que utiliza resultados de investigaciones recientes. Para este estudio buscaremos la mejor opción para su ejecución tomando en cuenta los factores encontrados. Se ha efectuado el diseño del pavimento flexible para el periodo de 10 años en una etapa, empleando la metodología AASHTO 1993 e Instituto del Asfalto, considerando un ESAL de  $1.81E+07$ , Modulo Resiliente Mr (Psi) igual a 8876,74, Nivel de Confianza R igual a 95%, Factor de confiabilidad Zr igual a -1,645, desviación estándar So igual a 0,42, serviciabilidad inicial de 4,20, serviciabilidad final de 2,5,  $\Delta$  PSI de 1,70, de las cuales los resultantes finales de diseño son: tramo T1 : Huacho – Huaura( Km 155+000 – Km 156+000) CBR diseño 7,00, C.A 4, BG 10, SBG 15, Total (pulg) 29.

Las tesis mencionan que la idea de este diseño es poder utilizar uno de los dos métodos empleados para este estudio, con el fin de cumplir con los parámetros de

seguridad establecidos en el manual de carreteras y buscar el mayor beneficio económico ya que las capas del diseño de pavimento saldrían de menor dimensión. Por lo que se hizo el diseño del pavimento flexible por los métodos AASHTO 93 e Instituto del Asfalto que se emplearon en el tramo Km 155+000 al Km 156+000. Se buscó el que tiene mayor beneficio económico cumpliendo con la seguridad de diseño en la vía para evitar cualquier falla futura en la pavimentación, teniendo como resultado el usar el método de diseño ASSHTO 93, ya que con este método obtuvimos menor dimensión en las capas del pavimento resultando más económico y cumpliendo con los parámetros establecidos.

## CAPÍTULO VI

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1 Conclusiones

##### Conclusión general

Sobre el análisis del diseño de la pavimentación de la nueva calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho Pativilca. Se concluye que para el análisis de los métodos de diseño de pavimento en el tramo de estudio que comprende desde el Km 155+000 al Km 156+000, se tomó la mejor alternativa considerando el tráfico vehicular y CBR encontrados. El método de diseño AASHTO es la mejor alternativa que fue de 29 pulg distribuidas en: 4 pulgadas para la carpeta asfáltica, 10 pulgadas para la base granular y 15 pulgadas para la sub base granular. Ya que las dimensiones de sus capas implicaran un menor costo al momento de la ejecución de la vía, y a la vez cumpliendo con los parámetros establecidos en el manual de carreteras.

##### Primera conclusión específico

Sobre el tráfico de la calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho Pativilca. Se concluye que el Esal de diseño ha sido calculado en base a la información del estudio de tráfico realizado en mayo 2014 (IMD por tipo de vehículo y las tasas de crecimiento). Considerando el año 2017 como inicio de operación, el Esal de diseño para una vida útil de del pavimento de 10 años es: tramo I de Huacho – Huaura en el Km 155+000 al Km 156+000 el Esal es  $1,81E+07$ , cumple con el diseño y esta efectuado para una condición con control de cargas, empleando las cargas establecidas en el manual de carreteras.

##### Segunda conclusión específica

Sobre el valor relativo de soporte de la calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho Pativilca, tramo I de Huacho – Huaura en el Km 155+000 al Km 156+000. Se concluye en base a los resultados de laboratorio y al análisis del cálculo de CBR compuesto se obtuvo un resultado de 7% de CBR para el estudio en este tramo mencionado.

### Tercera conclusión específica

Sobre la metodología a emplear para el diseño del pavimento flexible de la calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho Pativilca. Se concluye que será el método AASHTO ya que se ha efectuado el diseño para el periodo de 10 años considerando un ESAL de  $1,81E+07$ , Modulo Resiliente Mr (Psi) igual a 8876,74, Nivel de Confianza R igual a 95%, Factor de confiabilidad Zr igual a -1,645, desviación estándar So igual a 0,42, serviciabilidad inicial de 4,20, serviciabilidad final de 2,5,  $\Delta$  PSI de 1,70, de las cuales los resultantes finales de diseño son: tramo T1 : Huacho – Huaura( Km 155+000 – Km 156+000) CBR diseño 7,00, C.A 4, BG 10, SBG 15, Total (pulg) 29. Y que es mejor trabajar con el método de diseño AASHTO por que cumple con las normas y seria de mayor benéfico económico.

## 6.2 Recomendaciones

### Recomendación general

Sobre el análisis del diseño de la pavimentación de la nueva calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho Pativilca – Perú 2017, tramo de estudio Km 155+000 al Km 156+000. Se recomienda realizar un monitoreo del tráfico vehicular que circula por la via, para evitar fallas en la estructura y también hacer uso del método de diseño AASHTO para condiciones similares porque es el de mayor beneficio económicamente y cumple con todos los parámetros de diseño establecido en el manual de carreteras.

### Primera recomendación específica

Sobre el tráfico de diseño para la calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho Pativilca – Perú 2017, tramo de estudio Km 155+000 al Km 156+000. Se recomienda hacer un monitoreo cada cierto periodo de tiempo (5 años) al tráfico vehicular que albergara la nueva vía (cantidad y tipo de vehículo) para evitar fallas futuras en la estructura vial, y así poder considerar hacer una mejora a dicha vía.

#### Segunda recomendación específica

Sobre el valor relativo de soporte (CBR) para el diseño a emplear en la calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho Pativilca – Perú 2017, tramo de estudio Km 155+000 al Km 156+000. En el estudio de la Calicata 41 (Ver anexo), se obtiene el CBR para 1” y 2” para una compactación del 95% y 100%. Se recomienda trabajar con el porcentaje mayor obtenido a una compactación del 95%, redondeando hacia el número inferior de lo contrario se le estaría otorgando una mejor capacidad al suelo de la que realmente tiene. Observamos en el estudio de suelos realizado a la calicata 41 el CBR mayor es 7,6 % pero redondeando al lado menor sería 7%, es este valor que se usara para el diseño de pavimento flexible para ambos métodos AASHTO e Instituto del Asfalto.

#### Tercera recomendación específica

Sobre los diseños de pavimentos flexibles empleados por los dos métodos: AASHTO e Instituto del Asfalto para el tramo Km 155+000 al Km 156+000 de la calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho Pativilca – Perú 2017. Se recomienda trabajar con el método AASHTO por que cumple con la norma y sería de mayor beneficio económico ya que las capas del diseño de pavimento saldrían de menor dimensión a la del Instituto del Asfalto.

## REFERENCIAS

### 7.1 Fuentes documentales

- Deroussen, M. (2005). *Modelos empericos de diseño de pavimentos flexicos para nuevas construcciones* . Monterrey .
- Gomez, S. (2014). *Diseño estructural del pavimento flexible para el anillo vial del Ovalo Grau - Trujillo - La libertad*. Trujillo .
- Huincho, E. y. (2017). *Diseño de paviment flexible bajo la influencia de parametros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa - Sachapite, Huancavelica*. Universidad Nacional de Huancavelica, facultad de ingenieria, Huancavelica.
- Iturbide, J. C. (2002). *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. . Guatemala: SIECA.
- MBA, E., & Tabares , R. (205). *Diagnostico de via existente y diseño del pavimento flexible de la via nueva medinate parametros obtenidos del estudio en la fase I de la via acceso al barrio ciuddela Cafe*. facultad de ingenieria, universidad nacional de Colombia.
- Polito, G. (2015). *Evolucion tecnologias aplicadas en la actualidad y el futuro de los pavimentosflexibles en Mexico*. Mexico.
- Quintana, H. A. (2007). *Metodologías de diseño de pavimentos flexibles: Tendencias, alcances y limitaciones*. Ciencia e Ingeniería Neogranadina, 17(2), 41-65.
- Rengifo. (2014). *Diseño de los pavimentos de la nueva carretera Panamericana Norte en el tramo Huacho a Pativlca*. Pontifice Universidad Catolica del Peru , Facultad de Ciencias e Ingenieria , Lima.

### 7.2 Fuentes electrónicas

[https://www.google.com.pe/search?q=traductor+de+espa%C3%B1ol+a+ingles&rlz=1C1RLNS\\_esPE697PE697&oq=traductor+de+esp&aqs=chrome.0.0j69i57j0l4.10130j1j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com.pe/search?q=traductor+de+espa%C3%B1ol+a+ingles&rlz=1C1RLNS_esPE697PE697&oq=traductor+de+esp&aqs=chrome.0.0j69i57j0l4.10130j1j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8)

<https://scholar.google.com.pe/>

## **ANEXOS**

**ANEXO 1: Relación de calicatas para tramo de estudio Km 155+000 – Km 156+000**

No. Calicatas	Progresiva	Lado	Coordenadas	
			Norte	Este
41	Km. 155+000	EJE	8776283	217115
42	Km. 155+200	EJE	8776482	217100
43	Km. 155+400	EJE	8776682	217097
44	Km. 155+600	EJE	8776881	217110
45	Km. 155+800	EJE	8777081	217125

**ANEXO 2: Ensayos de laboratorio estándares de suelos de fundación**

Progresiva	Calicata	Muestra	Lado	Profundidad	L.L.	I.P.	%	SUCS	AASTHO
Km. 155+000	C-41	M-1	EJE	0 - 1.5 m.	22.5	9.5	9.6	CL	A-4(3)
Km. 155+200	C-42	M-1	EJE	0 - 1.5 m.	23.2	9.7	8.6	CL	A-4(3)
Km. 155+400	C-43	M-1	EJE	0 - 1.5 m.	23.4	7.8	8.3	CL	A-4(2)
Km. 155+600	C-44	M-1	EJE	0 - 1.5 m.	21.8	5.8	8.6	ML-CL	A-4(2)
Km. 155+800	C-45	M-1	EJE	0 - 1.5 m.	21.6	7.6	6.8	GC	A-4(1)

**ANEXO 3: Ensayo de laboratorio próctor y CBR**

Progresiva	Calicata	Muestra	Lado	Profundidad	L.L.	I.P.	%	SUCS	AASTHO	M.D.S	O.C.H	CBR 0.1" 95%	CBR 0.1" 100%	CBR 0.2" 95%	CBR 0.2" 100%
Km. 155+000	C-41	M-1	EJE	0 - 1.5 m.	22.5	9.5	9.6	CL	A-4(3)	1.994	13.7	5.60	6.20	7.60	9.50

**ANEXO 4: Valores obtenidos del índice de compresibilidad e índice de consistencia**

Progresiva	Calicata	Muestra	Profundidad	Cc	Condición	Ic	Condición
Km. 155+000	C-41	M-1	0 - 1.5 m.	0.11	BAJA	1.36	Sólido
Km. 155+200	C-42	M-1	0 - 1.5 m.	0.12	BAJA	1.51	Sólido
Km. 155+400	C-43	M-1	0 - 1.5 m.	0.12	BAJA	1.94	Sólido
Km. 155+600	C-44	M-1	0 - 1.5 m.	0.11	BAJA	2.28	Sólido
Km. 155+800	C-45	M-1	0 - 1.5 m.	0.10	BAJA	1.95	Sólido



## ANEXO 5: Estudio de Suelos C-41

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS</b>																																																																																																																																																											
181194-70-LAB-C12-CAL41-M1																																																																																																																																																											
181194-70-LAB-C12-CAL41-M1		181194-70-LAB-C12																																																																																																																																																									
Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO DE LA SEGUNDA CALZADA TRAMO: HUACHO - PATIVILCA																																																																																																																																																											
Provincia : HUACHO	Departamento : LIMA																																																																																																																																																										
Ciente : NORVIAL	Fecha : 03-06-13																																																																																																																																																										
<b>CALICATA</b> : Ca - 41	<b>LADO</b> : EJE	<b>HECHO POR</b> : A. CROVETTO																																																																																																																																																									
<b>PROGRESIVA</b> : Km. 155+000	<b>PROF</b> : 0 - 1.5 m.	<b>REVISADO POR</b> : E. DOMINGUEZ																																																																																																																																																									
<b>MUESTRA</b> : M - 1		<b>APROBADO POR</b> : ING. J. MELCHOR																																																																																																																																																									
<b>ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO</b> (MTC E 107 - 2000)																																																																																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tamiz ASTM</th> <th rowspan="2">Abertura (mm.)</th> <th rowspan="2">Peso Retenido</th> <th colspan="2">% Retenido</th> <th rowspan="2">% que Pasa</th> </tr> <tr> <th>Parcial</th> <th>Acumulado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4"</td><td>101.600</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3"</td><td>76.200</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2 1/2"</td><td>63.500</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.800</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>38.100</td><td></td><td></td><td></td><td>100.0</td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.400</td><td>43.3</td><td>3.1</td><td>3.1</td><td>96.9</td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.050</td><td>12.6</td><td>0.9</td><td>3.9</td><td>96.1</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.700</td><td>29.0</td><td>2.0</td><td>6.0</td><td>94.0</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.525</td><td>9.8</td><td>0.7</td><td>6.7</td><td>93.3</td></tr> <tr><td>1/4"</td><td>6.350</td><td>10.2</td><td>0.7</td><td>7.4</td><td>92.6</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>4.760</td><td>3.9</td><td>0.3</td><td>7.7</td><td>92.3</td></tr> <tr><td>No. 8</td><td>2.360</td><td>9.0</td><td>0.6</td><td>8.3</td><td>91.7</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>2.000</td><td>2.3</td><td>0.2</td><td>8.5</td><td>91.5</td></tr> <tr><td>No. 16</td><td>1.190</td><td>6.7</td><td>0.5</td><td>8.9</td><td>91.1</td></tr> <tr><td>No. 20</td><td>0.834</td><td>5.6</td><td>0.4</td><td>9.3</td><td>90.7</td></tr> <tr><td>No. 30</td><td>0.600</td><td>9.6</td><td>0.7</td><td>10.0</td><td>90.0</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>0.420</td><td>30.6</td><td>2.2</td><td>12.2</td><td>87.8</td></tr> <tr><td>No. 50</td><td>0.300</td><td>49.5</td><td>3.5</td><td>15.7</td><td>84.3</td></tr> <tr><td>No. 60</td><td>0.250</td><td>56.3</td><td>4.0</td><td>19.6</td><td>80.4</td></tr> <tr><td>No. 80</td><td>0.177</td><td>146.8</td><td>10.4</td><td>30.0</td><td>70.0</td></tr> <tr><td>No. 100</td><td>0.149</td><td>36.1</td><td>2.5</td><td>32.5</td><td>67.5</td></tr> <tr><td>No. 140</td><td>0.106</td><td>86.2</td><td>6.1</td><td>38.6</td><td>61.4</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>0.075</td><td>29.2</td><td>2.1</td><td>40.7</td><td>59.3</td></tr> <tr><td>-200</td><td></td><td>841.3</td><td>59.3</td><td>100.0</td><td></td></tr> </tbody> </table>			Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Parcial	Acumulado	4"	101.600					3"	76.200					2 1/2"	63.500					2"	50.800					1 1/2"	38.100				100.0	1"	25.400	43.3	3.1	3.1	96.9	3/4"	19.050	12.6	0.9	3.9	96.1	1/2"	12.700	29.0	2.0	6.0	94.0	3/8"	9.525	9.8	0.7	6.7	93.3	1/4"	6.350	10.2	0.7	7.4	92.6	No. 4	4.760	3.9	0.3	7.7	92.3	No. 8	2.360	9.0	0.6	8.3	91.7	No. 10	2.000	2.3	0.2	8.5	91.5	No. 16	1.190	6.7	0.5	8.9	91.1	No. 20	0.834	5.6	0.4	9.3	90.7	No. 30	0.600	9.6	0.7	10.0	90.0	No. 40	0.420	30.6	2.2	12.2	87.8	No. 50	0.300	49.5	3.5	15.7	84.3	No. 60	0.250	56.3	4.0	19.6	80.4	No. 80	0.177	146.8	10.4	30.0	70.0	No. 100	0.149	36.1	2.5	32.5	67.5	No. 140	0.106	86.2	6.1	38.6	61.4	No. 200	0.075	29.2	2.1	40.7	59.3	-200		841.3	59.3	100.0		<p>CLASIFICACIÓN SUCS : CL CLASIFICACIÓN AASHTO : A-4(3)</p> <p style="text-align: center;">- Arcilla de baja plasticidad arenosa</p> <p>Peso Inicial (g) : 1418.00      Peso Fraccion (g) :</p>
Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido				% Retenido			% que Pasa																																																																																																																																																		
			Parcial	Acumulado																																																																																																																																																							
4"	101.600																																																																																																																																																										
3"	76.200																																																																																																																																																										
2 1/2"	63.500																																																																																																																																																										
2"	50.800																																																																																																																																																										
1 1/2"	38.100				100.0																																																																																																																																																						
1"	25.400	43.3	3.1	3.1	96.9																																																																																																																																																						
3/4"	19.050	12.6	0.9	3.9	96.1																																																																																																																																																						
1/2"	12.700	29.0	2.0	6.0	94.0																																																																																																																																																						
3/8"	9.525	9.8	0.7	6.7	93.3																																																																																																																																																						
1/4"	6.350	10.2	0.7	7.4	92.6																																																																																																																																																						
No. 4	4.760	3.9	0.3	7.7	92.3																																																																																																																																																						
No. 8	2.360	9.0	0.6	8.3	91.7																																																																																																																																																						
No. 10	2.000	2.3	0.2	8.5	91.5																																																																																																																																																						
No. 16	1.190	6.7	0.5	8.9	91.1																																																																																																																																																						
No. 20	0.834	5.6	0.4	9.3	90.7																																																																																																																																																						
No. 30	0.600	9.6	0.7	10.0	90.0																																																																																																																																																						
No. 40	0.420	30.6	2.2	12.2	87.8																																																																																																																																																						
No. 50	0.300	49.5	3.5	15.7	84.3																																																																																																																																																						
No. 60	0.250	56.3	4.0	19.6	80.4																																																																																																																																																						
No. 80	0.177	146.8	10.4	30.0	70.0																																																																																																																																																						
No. 100	0.149	36.1	2.5	32.5	67.5																																																																																																																																																						
No. 140	0.106	86.2	6.1	38.6	61.4																																																																																																																																																						
No. 200	0.075	29.2	2.1	40.7	59.3																																																																																																																																																						
-200		841.3	59.3	100.0																																																																																																																																																							
<b>DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL</b>																																																																																																																																																											
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2000</th> <th>HUM. NAT. MTC E 108</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Capsula Nro</td><td>28</td><td>29</td><td>15</td></tr> <tr><td>Peso de la Capsula (g)</td><td>4.51</td><td>4.64</td><td>330.5</td></tr> <tr><td>Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)</td><td>10.56</td><td>10.55</td><td>1336.9</td></tr> <tr><td>Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)</td><td>9.88</td><td>9.85</td><td>1249</td></tr> <tr><td>Peso del Agua (g)</td><td>0.68</td><td>0.70</td><td>88</td></tr> <tr><td>Peso del Suelo Seco (g)</td><td>5.37</td><td>5.21</td><td>918</td></tr> <tr><td>Contenido de Humedad (%)</td><td>12.66</td><td>13.44</td><td>9.59</td></tr> <tr><td><b>PROMEDIO</b></td><td><b>13.05</b></td><td><b>9.59</b></td><td></td></tr> </tbody> </table>				LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2000	HUM. NAT. MTC E 108	Capsula Nro	28	29	15	Peso de la Capsula (g)	4.51	4.64	330.5	Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	10.56	10.55	1336.9	Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	9.88	9.85	1249	Peso del Agua (g)	0.68	0.70	88	Peso del Suelo Seco (g)	5.37	5.21	918	Contenido de Humedad (%)	12.66	13.44	9.59	<b>PROMEDIO</b>	<b>13.05</b>	<b>9.59</b>		<p>CONSTANTES FÍSICAS</p> <p>LIMITE LIQUIDO : 22.5      LIMITE PLÁSTICO : 13.0      ND. PLASTICIDAD 9.5</p>																																																																																																																					
	LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2000	HUM. NAT. MTC E 108																																																																																																																																																									
Capsula Nro	28	29	15																																																																																																																																																								
Peso de la Capsula (g)	4.51	4.64	330.5																																																																																																																																																								
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	10.56	10.55	1336.9																																																																																																																																																								
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	9.88	9.85	1249																																																																																																																																																								
Peso del Agua (g)	0.68	0.70	88																																																																																																																																																								
Peso del Suelo Seco (g)	5.37	5.21	918																																																																																																																																																								
Contenido de Humedad (%)	12.66	13.44	9.59																																																																																																																																																								
<b>PROMEDIO</b>	<b>13.05</b>	<b>9.59</b>																																																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="3">LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000)</th> </tr> <tr> <th></th> <th>28</th> <th>29</th> <th>30</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Capsula Nro</td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Peso de la Capsula (g)</td><td>9.57</td><td>9.59</td><td>9.86</td></tr> <tr><td>Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)</td><td>26.01</td><td>23.99</td><td>22.12</td></tr> <tr><td>Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)</td><td>22.87</td><td>21.35</td><td>19.94</td></tr> <tr><td>Numero de Golpes</td><td>16</td><td>26</td><td>36</td></tr> <tr><td>Peso del agua (g)</td><td>3.14</td><td>2.64</td><td>2.18</td></tr> <tr><td>Peso del Suelo Seco (g)</td><td>13.30</td><td>11.76</td><td>10.08</td></tr> <tr><td>Contenido de Humedad (%)</td><td>23.61</td><td>22.45</td><td>21.63</td></tr> </tbody> </table>				LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000)				28	29	30	Capsula Nro				Peso de la Capsula (g)	9.57	9.59	9.86	Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	26.01	23.99	22.12	Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	22.87	21.35	19.94	Numero de Golpes	16	26	36	Peso del agua (g)	3.14	2.64	2.18	Peso del Suelo Seco (g)	13.30	11.76	10.08	Contenido de Humedad (%)	23.61	22.45	21.63	<p>GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO</p>																																																																																																																
	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000)																																																																																																																																																										
	28	29	30																																																																																																																																																								
Capsula Nro																																																																																																																																																											
Peso de la Capsula (g)	9.57	9.59	9.86																																																																																																																																																								
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	26.01	23.99	22.12																																																																																																																																																								
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	22.87	21.35	19.94																																																																																																																																																								
Numero de Golpes	16	26	36																																																																																																																																																								
Peso del agua (g)	3.14	2.64	2.18																																																																																																																																																								
Peso del Suelo Seco (g)	13.30	11.76	10.08																																																																																																																																																								
Contenido de Humedad (%)	23.61	22.45	21.63																																																																																																																																																								
<p>Observaciones:</p> <p>- MATERIAL NATURAL.</p>																																																																																																																																																											

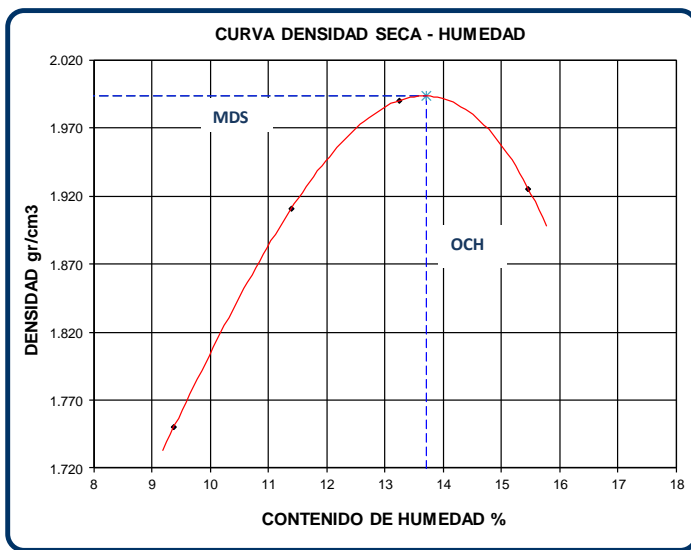
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS</b> 181194-70-LAB-C13-CAL41-M1 181194-70-LAB-C13-CAL41-M1	181194-70-LAB-C13
--	-------------------

Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO DE LA SEGUNDA CALZADA TRAMO: HUACHO - PATIVILCA	
Provincia : HUACHO	Departamento : LIMA
Ciente : NORVIAL	Fecha : 04-06-13

**COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA**  
( MTC E 115 - 2000 )

CALICATA : Ca - 41	HECHO POR : A. CROVETTO
PROGRESIVA : Km. 155+000	LADO : EJE
MUESTRA : M - 1	REVISADO POR : E. DOMINGUEZ
	APROBADO POR : ING. J. MELCHOR

Metodo de compactacion	A				
Numero de golpes	25				
Numero de capas	5				
<b>CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA</b>					
	1	2	3	4	
1. Peso suelo humedo. + molde	g	6008	6207	6324	6295
2. Peso del molde	g	4230	4230	4230	4230
3. Volumen del molde	cc	929	929	929	929
4. Peso suelo humedo	g	1778	1977	2094	2065
<b>5. Densidad suelo humedo</b>	<b>g/cc</b>	<b>1.914</b>	<b>2.128</b>	<b>2.254</b>	<b>2.223</b>
<b>CALCULO DE HUMEDAD</b>					
6. Capsula Nº		2	3	5	6
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	g	826.8	833.9	819.6	862.0
8. Peso del suelo seco+capsula	g	775.2	771.7	750.0	777.0
9. Peso del agua	g	51.6	62.2	69.6	85.0
10. Peso de la capsula	g	224.6	225.7	224.9	227.3
11. Peso del suelo seco	g	550.6	546.0	525.1	549.7
12. Contenido de humedad	%	9.37	11.39	13.25	15.46
<b>13. Promedio de cont. de humedad</b>	<b>%</b>	<b>9.37</b>	<b>11.39</b>	<b>13.25</b>	<b>15.46</b>
<b>CALCULO DE DENSIDAD SECA</b>					
<b>14. Densidad seca del suelo</b>	<b>g/cc</b>	<b>1.750</b>	<b>1.910</b>	<b>1.990</b>	<b>1.925</b>



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
<b>Certificado:</b>	
Finos < No 4	92.3 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	7.7 %

RESULTADOS	
Humedad optima (%)	13.71
Densidad Maxima (g/cm³)	1.994

**Observaciones:**

- MATERIAL NATURAL.

---



---



---



---



---



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

181194-70-LAB-C14-CAL41-M1

181194-70-LAB-C14-CAL41-M1

181194-70-LAB-C14

Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO DE LA SEGUNDA CALZADA TRAMO: HUACHO - PATIVILCA

Provincia : HUACHO

Departamento : LIMA

Ciente : NORVIAL

Fecha : 08-06-13

ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)

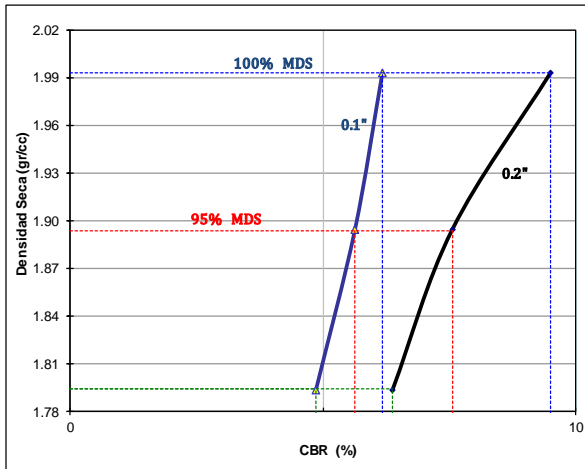
( MTC E132 - 2000 )

CALICATA : Ca - 41  
 PROGRESIVA : Km. 155+000  
 MUESTRA : M - 1

LADO : EJE

HECHO POR : A. CROVETTO  
 REVISADO POR : E. DOMINGUEZ  
 APROBADO POR : ING. J. MELCHOR

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	6.2	0.2":	9.5
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	5.6	0.2":	7.6

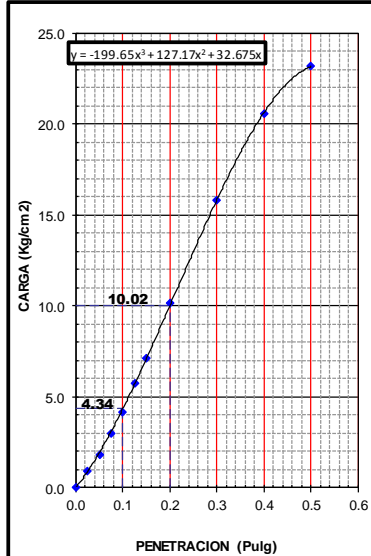
Datos del Proctor

Densidad Seca	1.994	g/cc
Optimo Humedad	13.71	%

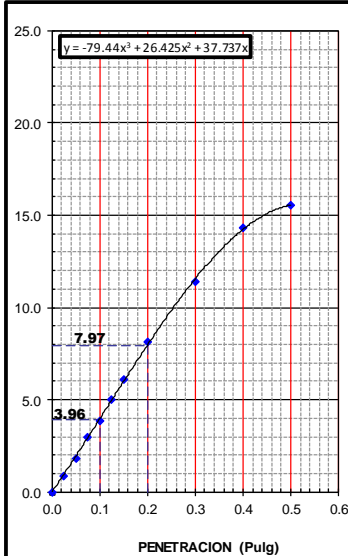
OBSERVACIONES:

- MATERIAL NATURAL

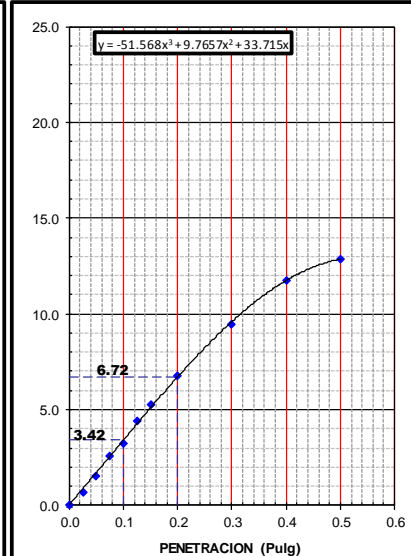
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



## ANEXO 6: Estudio de Suelos C-42

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
181194-70-LAB-C12-CAL42-M1					
181194-70-LAB-C12-CAL42-M1					
181194-70-LAB-C12					
Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO DE LA SEGUNDA CALZADA TRAMO: HUACHO - PATIVILCA					
Provincia : HUACHO		Departamento : LIMA			
Cliente : NORVIAL		Fecha : 03-06-13			
CALICATA : Ca - 42		HECHO POR : A. CROVETTO			
PROGRESIVA : Km. 155+200		REVISADO POR : E. DOMINGUEZ			
MUESTRA : M - 1		APROBADO POR : ING. J. MELCHOR			
LADO : EJE					
PROF : 0 - 1.5 m.					
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO					
(MTC E 107 - 2000)					
Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	82.4	5.0	5.0	95.0
3/4"	19.050	14.1	0.9	5.8	94.2
1/2"	12.700	43.4	2.6	8.5	91.5
3/8"	9.525	24.4	1.5	9.9	90.1
1/4"	6.350	14.5	0.9	10.8	89.2
No. 4	4.760	9.3	0.6	11.4	88.6
No. 8	2.360	19.2	1.2	12.5	87.5
No. 10	2.000	3.9	0.2	12.8	87.2
No. 16	1.190	12.5	0.8	13.5	86.5
No. 20	0.834	9.8	0.6	14.1	85.9
No. 30	0.600	43.7	2.6	16.8	83.2
No. 40	0.420	30.9	1.9	18.6	81.4
No. 50	0.300	50.7	3.1	21.7	78.3
No. 60	0.250	47.5	2.9	24.6	75.4
No. 80	0.177	98.0	5.9	30.5	69.5
No. 100	0.149	42.5	2.6	33.1	66.9
No. 140	0.106	93.3	5.6	38.7	61.3
No. 200	0.075	34.6	2.1	40.8	59.2
-200		978.3	59.2	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : CL  
 CLASIFICACIÓN AASHTO : A-4(3)  
**- Arcilla de baja plasticidad arenosa**

Peso Inicial (g) : 1653.00      Peso Fraccion (g) :

### DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2000		HUM. NAT. MTC E 108
	31	32	13
Capsula Nro			
Peso de la Capsula (g)	4.45	4.58	312.3
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	12.04	12.87	1330.9
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	11.14	11.88	1250.6
Peso del Agua (g)	0.90	0.99	80
Peso del Suelo Seco (g)	6.69	7.30	938
Contenido de Humedad (%)	13.45	13.56	8.56
<b>PROMEDIO</b>	<b>13.51</b>		<b>8.56</b>

	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000)		
	31	32	33
Capsula Nro			
Peso de la Capsula (g)	9.58	9.68	9.63
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	26.43	24.12	24.47
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	23.16	21.42	21.76
Numero de Golpes	17	27	36
Peso del agua (g)	3.27	2.70	2.71
Peso del Suelo Seco (g)	13.58	11.74	12.13
Contenido de Humedad (%)	24.08	23.00	22.34

CONSTANTES FÍSICAS

LIMITE LIQUIDO : 23.2      LIMITE PLÁSTICO : 13.5      ND. PLASTICIDAD 9.7

Observaciones:

- MATERIAL NATURAL.

## ANEXO 7: Estudio de Suelos C-43

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
181194-70-LAB-C12-CAL43-M1					
181194-70-LAB-C12-CAL43-M1					
181194-70-LAB-C12					
Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO DE LA SEGUNDA CALZADA TRAMO: HUACHO - PATIVILCA					
Provincia : HUACHO		Departamento : LIMA			
Cliente : NORVIAL		Fecha : 03-06-13			
CALICATA : Ca - 43		HECHO POR : A. CROVETTO			
PROGRESIVA : Km. 155+400		REVISADO POR : E. DOMINGUEZ			
MUESTRA : M - 1		APROBADO POR : ING. J. MELCHOR			
LADO : EJE					
PROF : 0 - 1.5 m.					
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO					
(MTC E 107 - 2000)					
Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
4"	101.600				
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	78.8	5.2	5.2	94.8
3/4"	19.050			5.2	94.8
1/2"	12.700	23.8	1.6	6.8	93.2
3/8"	9.525	18.7	1.2	8.1	91.9
1/4"	6.350	8.1	0.5	8.6	91.4
No. 4	4.760	2.0	0.1	8.7	91.3
No. 8	2.360	10.9	0.7	9.4	90.6
No. 10	2.000	2.5	0.2	9.6	90.4
No. 16	1.190	8.7	0.6	10.2	89.8
No. 20	0.834	9.8	0.7	10.8	89.2
No. 30	0.600	17.7	1.2	12.0	88.0
No. 40	0.420	32.8	2.2	14.2	85.8
No. 50	0.300	46.2	3.1	17.3	82.7
No. 60	0.250	49.4	3.3	20.5	79.5
No. 80	0.177	104.8	7.0	27.5	72.5
No. 100	0.149	35.3	2.3	29.8	70.2
No. 140	0.106	78.1	5.2	35.0	65.0
No. 200	0.075	39.2	2.6	37.6	62.4
-200		939.2	62.4	100.0	

CLASIFICACIÓN SUCS : CL  
 CLASIFICACIÓN AASHTO : A-4(2)  
**- Arcilla de baja plasticidad arenosa**

Peso Inicial (g) : 1506.00      Peso Fraccion (g) :

### DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

	LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2000		HUM. NAT. MTC E 108
Capsula Nro	34	35	14
Peso de la Capsula (g)	4.56	4.44	284.2
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	12.57	12.3	1264.5
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	11.48	11.25	1189.5
Peso del Agua (g)	1.09	1.05	75
Peso del Suelo Seco (g)	6.92	6.81	905
Contenido de Humedad (%)	15.75	15.42	8.28
<b>PROMEDIO</b>	<b>15.58</b>		<b>8.28</b>

**CONSTANTES FÍSICAS**

LIMITE LIQUIDO : 23.4    LIMITE PLÁSTICO : 15.6    ND. PLASTICIDAD 7.8

**GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO**

	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000)		
Capsula Nro	34	35	36
Peso de la Capsula (g)	9.41	9.17	10.53
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	22.09	20.21	22.91
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	19.60	18.13	20.64
Numero de Golpes	17	26	35
Peso del agua (g)	2.49	2.08	2.27
Peso del Suelo Seco (g)	10.19	8.96	10.11
Contenido de Humedad (%)	24.44	23.21	22.45

Observaciones:  
- MATERIAL NATURAL.

## ANEXO 8: Estudio de Suelos C-44

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS</b>																																																																																																																																																										
181194-70-LAB-C12-CAL44-M1																																																																																																																																																										
181194-70-LAB-C12-CAL44-M1		181194-70-LAB-C12																																																																																																																																																								
Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO DE LA SEGUNDA CALZADA TRAMO: HUACHO - PATIVILCA																																																																																																																																																										
Provincia : HUACHO	Departamento : LIMA																																																																																																																																																									
Ciente : NORVIAL	Fecha : 03-06-13																																																																																																																																																									
CALICATA : Ca - 44		HECHO POR : A. CROVETTO																																																																																																																																																								
PROGRESIVA : Km. 155+600	LADO : EJE	REVISADO POR : E. DOMINGUEZ																																																																																																																																																								
MUESTRA : M - 1	PROF : 0 - 1.5 m.	APROBADO POR : ING. J. MELCHOR																																																																																																																																																								
<b>ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO</b> (MTC E 107 - 2000)																																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Tamiz ASTM</th> <th rowspan="2">Abertura (mm.)</th> <th rowspan="2">Peso Retenido</th> <th colspan="2">% Retenido</th> <th rowspan="2">% que Pasa</th> </tr> <tr> <th>Parcial</th> <th>Acumulado</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>4"</td><td>101.600</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3"</td><td>76.200</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2 1/2"</td><td>63.500</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2"</td><td>50.800</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1 1/2"</td><td>38.100</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1"</td><td>25.400</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3/4"</td><td>19.050</td><td></td><td></td><td></td><td>100.0</td></tr> <tr><td>1/2"</td><td>12.700</td><td>10.2</td><td>0.7</td><td>0.7</td><td>99.3</td></tr> <tr><td>3/8"</td><td>9.525</td><td></td><td></td><td>0.7</td><td>99.3</td></tr> <tr><td>1/4"</td><td>6.350</td><td>3.0</td><td>0.2</td><td>0.9</td><td>99.1</td></tr> <tr><td>No. 4</td><td>4.760</td><td>2.6</td><td>0.2</td><td>1.1</td><td>98.9</td></tr> <tr><td>No. 8</td><td>2.360</td><td>6.9</td><td>0.5</td><td>1.6</td><td>98.4</td></tr> <tr><td>No. 10</td><td>2.000</td><td>0.4</td><td>0.0</td><td>1.6</td><td>98.4</td></tr> <tr><td>No. 16</td><td>1.190</td><td>3.2</td><td>0.2</td><td>1.9</td><td>98.1</td></tr> <tr><td>No. 20</td><td>0.834</td><td>3.6</td><td>0.3</td><td>2.1</td><td>97.9</td></tr> <tr><td>No. 30</td><td>0.600</td><td>6.4</td><td>0.5</td><td>2.6</td><td>97.4</td></tr> <tr><td>No. 40</td><td>0.420</td><td>19.6</td><td>1.4</td><td>3.9</td><td>96.1</td></tr> <tr><td>No. 50</td><td>0.300</td><td>37.2</td><td>2.6</td><td>6.6</td><td>93.4</td></tr> <tr><td>No. 60</td><td>0.250</td><td>38.2</td><td>2.7</td><td>9.3</td><td>90.7</td></tr> <tr><td>No. 80</td><td>0.177</td><td>111.5</td><td>7.9</td><td>17.1</td><td>82.9</td></tr> <tr><td>No. 100</td><td>0.149</td><td>23.1</td><td>1.6</td><td>18.7</td><td>81.3</td></tr> <tr><td>No. 140</td><td>0.106</td><td>94.1</td><td>6.6</td><td>25.4</td><td>74.6</td></tr> <tr><td>No. 200</td><td>0.075</td><td>32.1</td><td>2.3</td><td>27.6</td><td>72.4</td></tr> <tr><td>-200</td><td></td><td>1026.9</td><td>72.4</td><td>100.0</td><td></td></tr> </tbody> </table>		Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Parcial	Acumulado	4"	101.600					3"	76.200					2 1/2"	63.500					2"	50.800					1 1/2"	38.100					1"	25.400					3/4"	19.050				100.0	1/2"	12.700	10.2	0.7	0.7	99.3	3/8"	9.525			0.7	99.3	1/4"	6.350	3.0	0.2	0.9	99.1	No. 4	4.760	2.6	0.2	1.1	98.9	No. 8	2.360	6.9	0.5	1.6	98.4	No. 10	2.000	0.4	0.0	1.6	98.4	No. 16	1.190	3.2	0.2	1.9	98.1	No. 20	0.834	3.6	0.3	2.1	97.9	No. 30	0.600	6.4	0.5	2.6	97.4	No. 40	0.420	19.6	1.4	3.9	96.1	No. 50	0.300	37.2	2.6	6.6	93.4	No. 60	0.250	38.2	2.7	9.3	90.7	No. 80	0.177	111.5	7.9	17.1	82.9	No. 100	0.149	23.1	1.6	18.7	81.3	No. 140	0.106	94.1	6.6	25.4	74.6	No. 200	0.075	32.1	2.3	27.6	72.4	-200		1026.9	72.4	100.0		<p>CLASIFICACIÓN SUCS : ML-CL CLASIFICACIÓN AASHTO : A-4(2)</p> <p style="text-align: center;">- Arcilla limosa con arena</p> <p>Peso Inicial (g) : 1419.00      Peso Fracción (g) :</p>
Tamiz ASTM	Abertura (mm.)				Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa																																																																																																																																																		
		Parcial	Acumulado																																																																																																																																																							
4"	101.600																																																																																																																																																									
3"	76.200																																																																																																																																																									
2 1/2"	63.500																																																																																																																																																									
2"	50.800																																																																																																																																																									
1 1/2"	38.100																																																																																																																																																									
1"	25.400																																																																																																																																																									
3/4"	19.050				100.0																																																																																																																																																					
1/2"	12.700	10.2	0.7	0.7	99.3																																																																																																																																																					
3/8"	9.525			0.7	99.3																																																																																																																																																					
1/4"	6.350	3.0	0.2	0.9	99.1																																																																																																																																																					
No. 4	4.760	2.6	0.2	1.1	98.9																																																																																																																																																					
No. 8	2.360	6.9	0.5	1.6	98.4																																																																																																																																																					
No. 10	2.000	0.4	0.0	1.6	98.4																																																																																																																																																					
No. 16	1.190	3.2	0.2	1.9	98.1																																																																																																																																																					
No. 20	0.834	3.6	0.3	2.1	97.9																																																																																																																																																					
No. 30	0.600	6.4	0.5	2.6	97.4																																																																																																																																																					
No. 40	0.420	19.6	1.4	3.9	96.1																																																																																																																																																					
No. 50	0.300	37.2	2.6	6.6	93.4																																																																																																																																																					
No. 60	0.250	38.2	2.7	9.3	90.7																																																																																																																																																					
No. 80	0.177	111.5	7.9	17.1	82.9																																																																																																																																																					
No. 100	0.149	23.1	1.6	18.7	81.3																																																																																																																																																					
No. 140	0.106	94.1	6.6	25.4	74.6																																																																																																																																																					
No. 200	0.075	32.1	2.3	27.6	72.4																																																																																																																																																					
-200		1026.9	72.4	100.0																																																																																																																																																						
<b>DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL</b>																																																																																																																																																										
	<b>LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2000</b>		<b>HUM. NAT. MTC E 108</b>																																																																																																																																																							
Capsula Nro	37	38	19																																																																																																																																																							
Peso de la Capsula (g)	4.65	4.61	330.5																																																																																																																																																							
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	11.25	11.74	1495.6																																																																																																																																																							
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	10.34	10.76	1403.1																																																																																																																																																							
Peso del Agua (g)	0.91	0.98	93																																																																																																																																																							
Peso del Suelo Seco (g)	5.69	6.15	1073																																																																																																																																																							
Contenido de Humedad (%)	15.99	15.93	8.62																																																																																																																																																							
<b>PROMEDIO</b>	<b>15.96</b>		<b>8.62</b>																																																																																																																																																							
	<b>LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000)</b>																																																																																																																																																									
Capsula Nro	37	38	39																																																																																																																																																							
Peso de la Capsula (g)	9.67	9.31	9.37																																																																																																																																																							
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	29.08	25.41	26.37																																																																																																																																																							
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	25.33	22.54	23.48																																																																																																																																																							
Numero de Golpes	14	26	35																																																																																																																																																							
Peso del agua (g)	3.75	2.87	2.89																																																																																																																																																							
Peso del Suelo Seco (g)	15.66	13.23	14.11																																																																																																																																																							
Contenido de Humedad (%)	23.95	21.69	20.52																																																																																																																																																							
<b>CONSTANTES FÍSICAS</b>																																																																																																																																																										
LIMITE LIQUIDO : 21.8      LIMITE PLÁSTICO : 16.0      ND. PLASTICIDAD 5.8																																																																																																																																																										
<b>GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO</b>																																																																																																																																																										
Observaciones:																																																																																																																																																										
- MATERIAL NATURAL.																																																																																																																																																										

## ANEXO 9: Estudio de Suelos C-45

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS</b>				
181194-70-LAB-C12-CAL45-M1				
181194-70-LAB-C12-CAL45-M1		181194-70-LAB-C12		
Proyecto : ESTUDIO DEFINITIVO DE LA SEGUNDA CALZADA TRAMO: HUACHO - PATIVILCA				
Provincia : HUACHO	Departamento : LIMA			
Ciente : NORVIAL	Fecha : 03-06-13			
CALICATA : Ca - 45	HECHO POR : A. CROVETTO			
PROGRESIVA : Km. 155+800	LADO : EJE	REVISADO POR : E. DOMINGUEZ		
MUESTRA : M - 1	PROF : 0 - 1.5 m.	APROBADO POR : ING. J. MELCHOR		
<b>ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO</b> (MTC E 107 - 2000)				
<b>Tamiz ASTM</b>	<b>Abertura (mm.)</b>	<b>Peso Retenido</b>	<b>% Retenido</b>	<b>% que Pasa</b>
			Parcial    Acumulado	
4"	101.600			
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			100.0
1 1/2"	38.100	347.8	17.2	82.8
1"	25.400	150.3	7.4	75.4
3/4"	19.050	31.2	1.5	73.9
1/2"	12.700	15.8	0.8	73.1
3/8"	9.525	10.3	0.5	72.6
1/4"	6.350	8.4	0.4	72.2
No. 4	4.760	6.3	0.3	71.9
No. 8	2.360	10.2	0.5	71.4
No. 10	2.000	5.8	0.3	71.1
No. 16	1.190	6.8	0.3	70.7
No. 20	0.834	7.6	0.4	70.4
No. 30	0.600	8.6	0.4	70.0
No. 40	0.420	20.1	1.0	69.0
No. 50	0.300	50.0	2.5	66.5
No. 60	0.250	60.8	3.0	63.5
No. 80	0.177	151.1	7.5	56.0
No. 100	0.149	32.3	1.6	45.6
No. 140	0.106	83.0	4.1	50.4
No. 200	0.075	23.2	1.1	50.8
-200		997.4	49.2	100.0

CLASIFICACIÓN SUCS : GC  
CLASIFICACIÓN AASHTO : A-4(1)

**Grava Arcillosa con Arena**

Peso Inicial (g) : 2027.00      Peso Fraccion (g) :

**DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL**

	LIMITE PLASTICO MTC E 111 - 2000		HUM. NAT. MTC E 108
Capsula Nro	1	2	1
Peso de la Capsula (g)	4.57	4.07	218.6
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	11.47	11.65	1159.7
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	10.62	10.72	1099.8
Peso del Agua (g)	0.85	0.93	60
Peso del Suelo Seco (g)	6.05	6.65	881
Contenido de Humedad (%)	14.05	13.98	6.80
<b>PROMEDIO</b>	<b>14.02</b>		<b>6.80</b>

	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000)		
Capsula Nro	1	2	3
Peso de la Capsula (g)	10.29	9.54	9.5
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (g)	20.22	21.78	22.06
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	18.38	19.62	19.91
Numero de Golpes	18	26	34
Peso del agua (g)	1.84	2.16	2.15
Peso del Suelo Seco (g)	8.09	10.08	10.41
Contenido de Humedad (%)	22.74	21.43	20.65

**CONSTANTES FÍSICAS**

LIMITE LIQUIDO : 21.6    LIMITE PLÁSTICO : 14.0    ND. PLASTICIDAD 7.6

**GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO**

Observaciones:  
- MATERIAL NATURAL.



**ANEXO 10: Determinación del Índice Medio Diario Anual (IMDa)**

Carretera:	HUACHO - PATIVILCA																												
Tramo:	HUACHO - HUAJRA																												
Cod Estación:	E1																												
Estación:	HUACHO																												
															Ubicación :	HUACHO KM. 152+200													
															Sentido:	Ambos													
Día	Auto	pick up	C. Rural	Micro M3	BUS			Camión			8X4	Semitrayler						Trayler						Total Veh. Livianos	Total Veh. Pesados	TOTAL			
					B2	B3	B4	C2	C3	C4		T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	T3S4	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3	C3R4				C4R2		
IMDa (Valor Entero)	Lima - Trujillo	1003	415	162	12	25	164	68	218	143	12	0	1	4	2	2	49	414	3	1	0	2	2	0	0	1,592	1,110	2702	50.3%
	Trujillo - Lima	1008	417	108	9	30	172	73	212	148	18	0	1	4	2	2	51	405	3	1	1	2	1	1	0	1,542	1,127	2669	49.7%
	<b>Total</b>	<b>2011</b>	<b>832</b>	<b>270</b>	<b>21</b>	<b>55</b>	<b>336</b>	<b>141</b>	<b>430</b>	<b>291</b>	<b>30</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>100</b>	<b>819</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>3189</b>	<b>2182</b>	<b>5371</b>	<b>100.0%</b>
TRAFICO PROYECTADO																													
PERIODO	2015-2019	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
	2020-2036	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
Día	Auto	pick up	C. Rural	Micro M3	BUS			Camión			8X4	Semitrayler						Trayler						Total Veh. Livianos	Total Veh. Pesados	TOTAL			
					B2	B3	B4	C2	C3	C4		T2S1	T2S2	T2S3	T3S1	T3S2	T3S3	T3S4	C2R2	C2R3	C3R2	C3R3	C3R4				C4R2		
0	2014	2011	832	270	21	55	336	141	430	291	30	0	2	8	4	4	100	819	6	2	1	4	3	1	0	3189	2182	5371	
1	2015	2091	865	281	22	57	349	147	447	303	31	0	2	8	4	4	104	852	6	2	1	4	3	1	0	3317	2269	5586	
2	2016	2175	900	292	23	59	363	153	465	315	32	0	2	9	4	4	108	886	6	2	1	4	3	1	0	3449	2360	5809	
3	2017	2262	936	304	24	62	378	159	484	327	34	0	2	9	4	4	112	921	7	2	1	4	3	1	0	3587	2454	6042	
4	2018	2353	973	316	25	64	393	165	503	340	35	0	2	9	5	5	117	958	7	2	1	5	4	1	0	3731	2553	6283	
5	2019	2447	1012	328	26	67	409	172	523	354	36	0	2	10	5	5	122	996	7	2	1	5	4	1	0	3880	2655	6535	
6	2020	2545	1053	342	27	70	425	178	544	368	38	0	3	10	5	5	127	1036	8	3	1	5	4	1	0	4035	2761	6796	
7	2021	2646	1095	355	28	72	442	186	566	383	39	0	3	11	5	5	132	1078	8	3	1	5	4	1	0	4197	2871	7068	
8	2022	2752	1139	370	29	75	460	193	588	398	41	0	3	11	5	5	137	1121	8	3	1	5	4	1	0	4364	2986	7351	
9	2023	2862	1184	384	30	78	478	201	612	414	43	0	3	11	6	6	142	1166	9	3	1	6	4	1	0	4539	3106	7645	
10	2024	2977	1232	400	31	81	497	209	637	431	44	0	3	12	6	6	148	1212	9	3	1	6	4	1	0	4720	3230	7950	
11	2025	3096	1281	416	32	85	517	217	662	448	46	0	3	12	6	6	154	1261	9	3	2	6	5	2	0	4909	3359	8268	
12	2026	3220	1332	432	34	88	538	226	688	466	48	0	3	13	6	6	160	1311	10	3	2	6	5	2	0	5106	3493	8599	

# ANEXO 11: Determinación del ESAL

CON CONTROL DE CARGAS																																																			
Factor direccional	0.5																																																		
Factor carril	0.8																																																		
	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	FD	2014	2015	2016	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10														
Aub	2011	2091	2175	2262	2353	2447	2545	2646	2752	2862	2977	3096	3220	3348	3482	3622	3767	3917	4074	4237	4406	4583	4766	0.010	2.94E+03	3.05E+03	3.18E+03	3.30E+03	3.43E+03	3.57E+03	3.72E+03	3.86E+03	4.02E+03	4.18E+03	4.35E+03	4.52E+03	4.70E+03	0.030	3.64E+03	3.79E+03	3.94E+03	4.10E+03	4.26E+03	4.43E+03	4.61E+03	4.80E+03	4.99E+03	5.19E+03	5.39E+03	5.61E+03	5.83E+03
pick up	832	865	900	936	973	1012	1053	1095	1139	1184	1232	1281	1332	1385	1441	1498	1558	1621	1685	1753	1823	1896	1972	0.030	3.64E+03	3.79E+03	3.94E+03	4.10E+03	4.26E+03	4.43E+03	4.61E+03	4.80E+03	4.99E+03	5.19E+03	5.39E+03	5.61E+03	5.83E+03	0.030	3.64E+03	3.79E+03	3.94E+03	4.10E+03	4.26E+03	4.43E+03	4.61E+03	4.80E+03	4.99E+03	5.19E+03	5.39E+03	5.61E+03	5.83E+03
C. Rural	270	281	292	304	316	328	342	355	370	384	400	416	432	450	468	486	506	526	547	569	592	615	640	0.030	1.18E+03	1.23E+03	1.28E+03	1.33E+03	1.38E+03	1.44E+03	1.50E+03	1.56E+03	1.62E+03	1.68E+03	1.75E+03	1.82E+03	1.89E+03	0.030	1.18E+03	1.23E+03	1.28E+03	1.33E+03	1.38E+03	1.44E+03	1.50E+03	1.56E+03	1.62E+03	1.68E+03	1.75E+03	1.82E+03	1.89E+03
Micro M3	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	34	35	36	38	39	41	43	44	46	48	50	0.030	9.20E+01	9.57E+01	9.95E+01	1.03E+02	1.06E+02	1.12E+02	1.16E+02	1.21E+02	1.26E+02	1.31E+02	1.36E+02	1.42E+02	1.47E+02	0.030	9.20E+01	9.57E+01	9.95E+01	1.03E+02	1.06E+02	1.12E+02	1.16E+02	1.21E+02	1.26E+02	1.31E+02	1.36E+02	1.42E+02	1.47E+02
B2	55	57	59	62	64	67	70	72	75	78	81	85	88	92	95	99	103	107	111	116	121	125	130	3.954	3.82E+04	3.76E+04	3.69E+04	3.61E+04	3.52E+04	3.43E+04	3.34E+04	3.25E+04	3.16E+04	3.07E+04	2.98E+04	2.89E+04	2.80E+04	3.954	3.82E+04	3.76E+04	3.69E+04	3.61E+04	3.52E+04	3.43E+04	3.34E+04	3.25E+04	3.16E+04	3.07E+04	2.98E+04	2.89E+04	2.80E+04
B3	336	349	363	378	393	409	425	442	460	478	497	517	538	559	582	605	629	654	681	708	736	766	796	2.560	1.26E+05	1.31E+05	1.36E+05	1.41E+05	1.47E+05	1.52E+05	1.58E+05	1.65E+05	1.72E+05	1.79E+05	1.86E+05	1.93E+05	2.01E+05	2.560	1.26E+05	1.31E+05	1.36E+05	1.41E+05	1.47E+05	1.52E+05	1.58E+05	1.65E+05	1.72E+05	1.79E+05	1.86E+05	1.93E+05	2.01E+05
B4	141	147	153	159	165	172	178	186	193	201	209	217	226	235	244	254	264	275	286	297	309	321	334	3.825	7.87E+04	8.19E+04	8.52E+04	8.86E+04	9.21E+04	9.58E+04	9.96E+04	1.04E+05	1.08E+05	1.12E+05	1.17E+05	1.21E+05	1.26E+05	3.825	7.87E+04	8.19E+04	8.52E+04	8.86E+04	9.21E+04	9.58E+04	9.96E+04	1.04E+05	1.08E+05	1.12E+05	1.17E+05	1.21E+05	1.26E+05
C2	430	447	465	484	503	523	544	566	588	612	637	662	688	716	745	774	805	838	871	906	942	980	1019	4.504	2.83E+05	2.94E+05	3.06E+05	3.18E+05	3.31E+05	3.44E+05	3.58E+05	3.72E+05	3.87E+05	4.02E+05	4.19E+05	4.35E+05	4.53E+05	4.504	2.83E+05	2.94E+05	3.06E+05	3.18E+05	3.31E+05	3.44E+05	3.58E+05	3.72E+05	3.87E+05	4.02E+05	4.19E+05	4.35E+05	4.53E+05
C3	291	303	315	327	340	354	368	383	398	414	431	448	466	485	504	524	545	567	590	613	638	663	690	3.339	1.42E+05	1.48E+05	1.53E+05	1.60E+05	1.66E+05	1.73E+05	1.79E+05	1.87E+05	1.94E+05	2.02E+05	2.10E+05	2.18E+05	2.27E+05	3.339	1.42E+05	1.48E+05	1.53E+05	1.60E+05	1.66E+05	1.73E+05	1.79E+05	1.87E+05	1.94E+05	2.02E+05	2.10E+05	2.18E+05	2.27E+05
C4	30	31	32	34	35	36	38	39	41	43	44	46	48	50	52	54	56	58	61	63	66	68	71	2.265	9.92E+03	1.03E+04	1.07E+04	1.12E+04	1.16E+04	1.21E+04	1.26E+04	1.31E+04	1.36E+04	1.41E+04	1.47E+04	1.53E+04	1.59E+04	2.265	9.92E+03	1.03E+04	1.07E+04	1.12E+04	1.16E+04	1.21E+04	1.26E+04	1.31E+04	1.36E+04	1.41E+04	1.47E+04	1.53E+04	1.59E+04
8x4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	0.00E+00	
T2S1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	7.742	2.26E+03	2.35E+03	2.45E+03	2.54E+03	2.64E+03	2.75E+03	2.86E+03	2.97E+03	3.09E+03	3.22E+03	3.35E+03	3.48E+03	3.62E+03	7.742	2.26E+03	2.35E+03	2.45E+03	2.54E+03	2.64E+03	2.75E+03	2.86E+03	2.97E+03	3.09E+03	3.22E+03	3.35E+03	3.48E+03	3.62E+03
T2S2	8	8	9	9	9	10	10	11	11	11	12	12	13	13	14	14	15	16	16	17	18	18	19	6.577	7.68E+03	7.99E+03	8.31E+03	8.64E+03	8.99E+03	9.35E+03	9.72E+03	1.01E+04	1.05E+04	1.09E+04	1.14E+04	1.18E+04	1.23E+04	6.577	7.68E+03	7.99E+03	8.31E+03	8.64E+03	8.99E+03	9.35E+03	9.72E+03	1.01E+04	1.05E+04	1.09E+04	1.14E+04	1.18E+04	1.23E+04
T2S3	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	7	8	8	8	9	9	9	5.900	3.45E+03	3.58E+03	3.73E+03	3.88E+03	4.03E+03	4.19E+03	4.36E+03	4.53E+03	4.72E+03	4.90E+03	5.10E+03	5.30E+03	5.52E+03	5.900	3.45E+03	3.58E+03	3.73E+03	3.88E+03	4.03E+03	4.19E+03	4.36E+03	4.53E+03	4.72E+03	4.90E+03	5.10E+03	5.30E+03	5.52E+03
T3S1	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	9	6.577	3.84E+03	3.99E+03	4.15E+03	4.32E+03	4.49E+03	4.67E+03	4.86E+03	5.05E+03	5.26E+03	5.47E+03	5.69E+03	5.91E+03	6.15E+03	6.577	3.84E+03	3.99E+03	4.15E+03	4.32E+03	4.49E+03	4.67E+03	4.86E+03	5.05E+03	5.26E+03	5.47E+03	5.69E+03	5.91E+03	6.15E+03
T3S2	100	104	108	112	117	122	127	132	137	142	148	154	160	167	173	180	187	195	203	211	219	228	237	5.413	7.90E+04	8.22E+04	8.55E+04	8.89E+04	9.24E+04	9.61E+04	1.00E+05	1.04E+05	1.08E+05	1.12E+05	1.17E+05	1.22E+05	1.27E+05	5.413	7.90E+04	8.22E+04	8.55E+04	8.89E+04	9.24E+04	9.61E+04	1.00E+05	1.04E+05	1.08E+05	1.12E+05	1.17E+05	1.22E+05	1.27E+05
T3S3	819	852	886	921	958	996	1036	1078	1121	1166	1212	1261	1311	1364	1418	1475	1534	1595	1659	1726	1795	1866	1941	4.735	5.66E+05	5.89E+05	6.12E+05	6.37E+05	6.62E+05	6.89E+05	7.16E+05	7.45E+05	7.75E+05	8.06E+05	8.38E+05	8.72E+05	9.06E+05	4.735	5.66E+05	5.89E+05	6.12E+05	6.37E+05	6.62E+05	6.89E+05	7.16E+05	7.45E+05	7.75E+05	8.06E+05	8.38E+05	8.72E+05	9.06E+05
T3S4	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10	11	11	12	12	13	13	14	14	4.735	4.15E+03	4.31E+03	4.49E+03	4.67E+03	4.85E+03	5.05E+03	5.25E+03	5.46E+03	5.68E+03	5.90E+03	6.14E+03	6.39E+03	6.64E+03	4.735	4.15E+03	4.31E+03	4.49E+03	4.67E+03	4.85E+03	5.05E+03	5.25E+03	5.46E+03	5.68E+03	5.90E+03	6.14E+03	6.39E+03	6.64E+03
C2R2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	10.980	3.21E+03	3.33E+03	3.47E+03	3.61E+03	3.75E+03	3.90E+03	4.06E+03	4.22E+03	4.39E+03	4.56E+03	4.74E+03	4.94E+03	5.15E+03	10.980	3.21E+03	3.33E+03	3.47E+03	3.61E+03	3.75E+03	3.90E+03	4.06E+03	4.22E+03	4.39E+03	4.56E+03	4.74E+03	4.94E+03	5.15E+03
C2R3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	9.816	1.43E+03	1.49E+03	1.55E+03	1.61E+03	1.67E+03	1.74E+03	1.81E+03	1.89E+03	1.96E+03	2.04E+03	2.12E+03	2.21E+03	2.29E+03	9.816	1.43E+03	1.49E+03	1.55E+03	1.61E+03	1.67E+03	1.74E+03	1.81E+03	1.89E+03	1.96E+03	2.04E+03	2.12E+03	2.21E+03	2.29E+03
C2R4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	8	8	8	9	9	9	9	9.816	5.73E+03	5.96E+03	6.20E+03	6.45E+03	6.71E+03	7.00E+03	7.25E+03	7.54E+03	7.84E+03	8.16E+03	8.49E+03	8.82E+03	9.18E+03	9.816	5.73E+03	5.96E+03	6.20E+03	6.45E+03	6.71E+03	7.00E+03	7.25E+03	7.54E+03	7.84E+03	8.16E+03	8.49E+03	8.82E+03	9.18E+03
C3R3	3	3	3	3	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7	7	7	6.651	3.79E+03	3.94E+03	4.10E+03	4.26E+03	4.43E+03	4.61E+03	4.79E+03	4.99E+03	5.19E+03	5.39E+03	5.61E+03	5.83E+03	6.07E+03	6.651	3.79E+03	3.94E+03	4.10E+03	4.26E+03	4.43E+03	4.61E+03	4.79E+03	4.99E+03	5.19E+03	5.39E+03			

***ANEXO 12: Tasas para el tramo Huacho – Pativilca.***

TASAS HUACHO - PATIVILCA		
TIPO DE VEHÍCULO		
Auto+SW+Camioneta	4.0	4.0
C. Rural + Micro	4.0	4.0
Ómnibus	4.0	4.0
Camión Unitario	4.0	4.0
Camión articulado	4.0	4.0

**ANEXO 13: Matriz de Consistencia.**

**ANÁLISIS DE PAVIMENTACIÓN DE LA NUEVA CALZADA EJECUTADA POR LA EMPRESA NORVIAL EN LA ZONA HUACHO – PATIVILCA -PERÚ 2017.**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVO</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>METODOLOGIA</b>
¿En qué medida favorece el método adecuado en el análisis del diseño de la pavimentación en la nueva calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho – Pativilca – Perú 2017?	Analizar el diseño de pavimentación adecuada de acuerdo a los métodos en la nueva calzada ejecutada por la empresa Norvial en la Zona Huacho – Pativilca – Perú 2017.	El método adecuado favorece el análisis del diseño de la pavimentación en la nueva calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho – Pativilca – Perú 2017	Variable V1  Análisis del diseño de pavimentación	1.1- El método ASSHTO	<p><b>1. Tipo de Investigación</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Según su finalidad es aplicativa.</li> <li>- Según su alcance temporal es longitudinal.</li> <li>- Según su nivel o profundidad es explicativa y correlacional.</li> <li>- Según su carácter de medida es cuantitativa</li> </ul> <p><b>2. Nivel de investigación</b></p> <p><b>3. Diseño</b> diseño Pre experimental</p> <p><b>4. Población</b> La población está constituida e tramo de investigación Huaura – Pativilca</p> <p><b>5. Muestra</b> toda la población</p> <p><b>6. Técnicas de recolección de datos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Encuestas</li> <li>• Análisis documental.</li> <li>• Revisión documental</li> </ul> <p><b>7. Instrumentos de recolección de datos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha bibliográfica</li> <li>• Ficha de observación</li> </ul>
<p>¿En qué medida favorece el análisis del diseño de la pavimentación en la nueva calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho – Pativilca – Perú 2017, aplicando el método AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes)?</p> <p>¿En qué medida favorece el análisis del diseño de la pavimentación en la nueva calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho – Pativilca – Perú 2017, aplicando el método del Instituto del Asfalto?</p>	<p>Analizar el diseño de la pavimentación en la nueva calzada ejecutada por la empresa Norvial en la Zona Huacho – Pativilca – Perú 2017, aplicando el método AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes).</p> <p>Analizar el diseño de la pavimentación en la nueva calzada ejecutada por la empresa Norvial en la Zona Huacho – Pativilca – Perú 2017, aplicando el método del Instituto del Asfalto.</p>	<p>El análisis del diseño de la pavimentación favorece a la nueva calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho – Pativilca – Perú 2017, empleando el método AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes).</p> <p>El análisis del diseño de la pavimentación favorece a la nueva calzada ejecutada por la empresa Norvial en la zona Huacho – Pativilca – Perú 2017, empleando el método del Instituto del Asfalto.</p>		1-2- El método del Instituto del Asfalto	

---

**Quispe Soto, Eddy Ivan**  
**ASESOR**

---

**Jamanca Alberto, Teodorico**  
**PRESIDENTE**

---

**Ramos Pacheco, Ronald Luis**  
**SECRETARIO**

---

**Benavente León, Christian**  
**VOCAL**