

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UNS**  
ESCUELA DE  
**POSGRADO**

---

---

**“Diseño de pavimento flexible utilizando el sistema bitufo como medida sustentable en la carretera Panamericana Chimbote - Santa, Ancash 2022”**

---

---

**Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil**

**Autores:**

**Bach. Alva Velásquez, Brayan Paul  
Bach. Rebaza Narro, Elvis Leyter**

**Asesor:**

**Dr. León Bobadilla, Abner Itamar  
DNI. N°. 32942184  
Código ORCID: 0000-0003-2949-6591**

**Nuevo Chimbote - Perú  
2023**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**"Diseño de pavimento flexible utilizando el sistema bitufor como  
medida sustentable en la carretera Panamericana Chimbote - Santa,  
Ancash 2022"**

**Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil**

REVISADA Y APROBADA POR:

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Abner Itamar León Bobadilla', is written over a horizontal line.

Dr. Abner Itamar León Bobadilla

DNI: 32942184

Código Orcid: 0000-0003-2949-6591

ASESOR

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**"Diseño de pavimento flexible utilizando el sistema bitufor como medida sustentable en la carretera Panamericana Chimbote - Santa, Ancash 2022"**

**Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil**

**Sustentada y aprobada:**

Ms. Julio Cesar Rivasplata Díaz  
DNI: 32770844  
Código Orcid: 0000-0002-4180-9362  
**Presidente**

Ms. Luz Esther Álvarez Asto  
DNI: 32968961  
Código Orcid: 0000-0001-9050-761  
**Secretaria**

Dr. Abner Itamar León Bobadilla  
DNI: 32942184  
Código Orcid: 0000-0003-2949-6591  
**Integrante**



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil  
**- EPIC -**

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 16 días del mes de agosto del año dos mil veintitrés, siendo las 10: 00 horas, en el Aula C-1 de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 600-2022-UNS-CFI, con fecha 30.12.2022, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Secretaria), Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Integrante), Mg. Jenisse Del Rocío Fernández Mantilla (Accesitaria) en base a la Resolución Decanal N° 565-2023-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022", presentado por los Bachilleres: ALVA VELÁSQUEZ BRAYAN PAUL con cód. N° 0201513031, y REBAZA NARRO ELVIS LEYTER con cód. N° 0201513023, quienes fueron asesorados por el docente Dr. Abner Itamar León Bobadilla, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 623-2021-UNS-FI, de fecha 12.11.2021

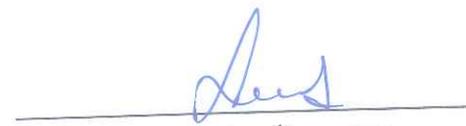
El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
REBAZA NARRO ELVIS LEYTER	16	REGULAR

Siendo la 11.00 del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 16 agosto de 2023.

  
Ms. Julio César Rivasplata Díaz  
Presidente

  
Ms. Luz Esther Álvarez Asto  
Secretaria

  
Dr. Abner Itamar León Bobadilla  
Integrante



**UNS**  
UNIVERSIDAD  
NACIONAL DEL SANTA

**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
Escuela Profesional de Ingeniería Civil  
**- EPIC -**

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 16 días del mes de agosto del año dos mil veintitrés, siendo las 10: 00 horas, en el Aula C-1 de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 600-2022-UNS-CFI, con fecha 30.12.2022, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Ms. Luz Esther Álvarez Asto (Secretaria), Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Integrante), Mg. Jenisse Del Rocío Fernández Mantilla (Accesitaria) en base a la Resolución Decanal N° 565-2023-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022", presentado por los Bachilleres: ALVA VELÁSQUEZ BRAYAN PAUL con cód. N° 0201513031, y REBAZA NARRO ELVIS LEYTER con cód. N° 0201513023, quienes fueron asesorados por el docente Dr. Abner Itamar León Bobadilla, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 623-2021-UNS-FI, de fecha 12.11.2021

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

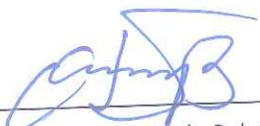
BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
ALVA VELÁSQUEZ BRAYAN PAUL	16	REGULAR

Siendo la 11.00 del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 16 agosto de 2023.

  
Ms. Julio César Rivasplata Díaz  
Presidente

  
Ms. Luz Esther Álvarez Asto  
Secretaria

  
Dr. Abner Itamar León Bobadilla  
Integrante



## Recibo digital

Este recibo confirma que su trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega: Brayan Alva  
Título del ejercicio: TESIS 2023  
Título de la entrega: Diseño de pavimento flexible utilizando el sistema bitufor co...  
Nombre del archivo: e\_en\_la\_carretera\_Panamericana\_Chimbote\_-\_Santa,\_Ancash...  
Tamaño del archivo: 3.38M  
Total páginas: 130  
Total de palabras: 20,444  
Total de caracteres: 109,608  
Fecha de entrega: 08-ago.-2023 04:13a. m. (UTC-0500)  
Identificador de la entre... 2143035368

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



"Diseño de pavimento flexible utilizando el sistema bitufor como medida sustentable en la carretera Panamericana Chimbote - Santa, Ancash 2022"

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autores:

Bach. Alva Velásquez, Brayan Paul  
Bach. Rebaza Narro, Elvis Leyter

Asesor:

Dr. Abner Itamar León Bobadilla  
Código Orcid: 0000-0003-2949-6591

Nuevo Chimbote - Perú  
2023

# Diseño de pavimento flexible utilizando el sistema bitufor como medida sustentable en la carretera Panamericana Chimbote - Santa, Ancash 2022

## INFORME DE ORIGINALIDAD

24%

INDICE DE SIMILITUD

24%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	9%
2	<a href="https://repositorio.uns.edu.pe">repositorio.uns.edu.pe</a> Fuente de Internet	4%
3	<a href="https://hdl.handle.net">hdl.handle.net</a> Fuente de Internet	2%
4	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	2%
5	<a href="https://repositorio.upla.edu.pe">repositorio.upla.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
6	<a href="https://cybertesis.urp.edu.pe">cybertesis.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
7	<a href="https://repositorio.upao.edu.pe">repositorio.upao.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
8	<a href="https://repositorio.upecen.edu.pe">repositorio.upecen.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1%

## DEDICATORIA

A DIOS, por darme salud para poder culminar con éxitos mi hermosa carrera y también acompañarme a lo largo de todos estos años

MIS PADRES Jesús y Rosa por ser mi brújula moral y nunca perder las esperanzas en mi, y apoyarme siempre que los necesite como padres y amigos

A MI HERMANO Gianpablo por apoyarme en este camino tan largo y brindarme su tiempo para poder culminar con éxito mis estudios preprofesionales.

A MI FAMILIA, por darme su amor incondicional y apoyarme siempre cuando mas lo necesite.

Alva Velásquez, Brayan

## DEDICATORIA

A DIOS por permitirme llegar hasta donde estoy, por darme fuerzas y conocimientos para seguir adelante y lograr en cada paso mis objetivos planteados.

A MI MADRE Irma Narro Vega por brindarme su apoyo incondicional, por estar en las buenas y en las malas durante mi formación profesional y por darme su amor sin límites en todo momento de mi vida.

A MI PADRE Ricardo Rebaza Paredes por encaminarme y motivarme a seguir adelante, por esas palabras de aliento que todo estudiante necesita siempre.

A MI HERMANO Freddy Rebaza Narro por ser un ejemplo de hermano y darme aliento para seguir un camino de superación, por apoyarme cada día.

Rebaza Narro, Leyter

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero agradecer a Dios, por darnos salud y fuerzas para culminar con éxitos esta hermosa etapa de nuestra vida. Y acompañarnos en todas las dificultades que se vivieron en nuestra etapa universitaria y guiarnos por el mejor camino para salir victoriosos en nuestra vida profesional. Queremos agradecer también a nuestra alma mater la UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA por brindar una educación de calidad y darnos la oportunidad de pertenecer a una de las mejores universidades de la región. A los docentes del campus por siempre estar dispuestos a compartir sus conocimientos para así forjar profesionales de calidad.

**ALVA & REBAZA**

## Índice general

<i>Índice general</i> .....	<i>IV</i>
<i>Índice de tablas</i> .....	<i>VIII</i>
<i>Índice de figuras</i> .....	<i>X</i>
<i>Índice de ecuaciones</i> .....	<i>XII</i>
<b><i>CAPÍTULO I: INTRODUCCION</i></b> .....	<b><i>1</i></b>
1.1 Antecedente del Problema .....	1
1.2 Formulación del problema .....	3
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo General .....	4
1.3.2 Objetivos Específicos .....	4
1.4 Formulación de Hipótesis .....	4
1.5 Justificación .....	4
1.6 Limitaciones del trabajo .....	5
<b><i>II CAPITULO II: MARCO TEÓRICO</i></b> .....	<b><i>8</i></b>
2.1 Antecedentes .....	8
2.1.1 Antecedentes Nacionales .....	8
2.1.2 Antecedentes Internacionales.....	10
2.2 Base Teórica.....	11
2.2.1 Pavimentos.....	11

2.2.2	Trafico Vial.....	12
2.2.3	Sub-base.....	20
2.2.4	Método guía AASHTO 93.....	21
2.2.5	Sistema Bitufor .....	28
2.2.6	Instalación del Sistema Bitufor.....	30
<i>CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS.....</i>		<i>33</i>
3.1	Enfoque de la Investigación.....	33
3.2	Tipo de Investigación .....	33
3.3	Nivel de Investigación.....	33
3.4	Diseño de Investigación.....	33
3.5	Unidad de análisis .....	34
3.6	Ubicación.....	34
3.7	Población y muestra .....	34
3.8	Variables .....	35
3.9	Matriz de consistencia .....	36
3.10	Operacionalización de variables.....	37
3.11	Instrumentos.....	39
3.11.1	Manual de carreteras – Mantenimiento o conservación vial 2018 (MTC).....	39
3.11.2	Ficha técnica estándar de conteo vehicular del MTC.....	39
3.11.3	AASHTO Guide for Design of Pavement Structures / Diseño AASHTO 1993	39
3.11.4	Normas técnicas peruanas, normas MTC y ASTM .....	40

3.11.5	Software.....	41
3.11.6	Boletín informativo empresa PRODAC .....	41
3.11.7	Material bibliográfico .....	41
3.12	Procedimientos .....	41
3.12.1	Procedimiento realizado para el diagnóstico superficial de la carretera .....	41
3.12.2	Procedimiento realizado para el estudio de trafico .....	43
3.12.3	Procedimiento efectuado en los Estudios de Mecánica de suelos - Ensayos de laboratorio .....	46
3.12.4	Procedimiento efectuado en el diseño de pavimento flexible tradicional .....	60
3.12.5	Procedimiento efectuado en el diseño de pavimento flexible con el sistema bitufor	62
3.12.6	Procedimiento efectuado para el análisis económico bajo el sistema bitufor ....	64
<i>IV</i>	<i>CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</i>	<i>67</i>
4.1	Análisis e interpretación de resultados .....	67
4.1.1	Diagnóstico del estado actual de la carretera.....	67
4.1.2	Estudio de Mecánica de Suelos.....	69
4.1.3	Estudio de tráfico vehicular .....	71
4.1.4	Diseño de pavimento flexible tradicional.....	72
4.1.5	Diseño de Pavimento Flexible con el sistema bitufor .....	76
4.1.6	Comparación de los diseños propuestos.....	78
4.1.7	Comparación de Costos.....	91

4.2	Discusión .....	93
<i>CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</i>		<i>96</i>
5.1	Conclusiones .....	96
5.2	Recomendaciones.....	100
<i>CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</i>		<i>103</i>
<i>CAPITULO VII: ANEXOS.....</i>		<i>105</i>

*Anexo 1. Conteo Vehicular ligero y pesado*

*Anexo 2. Calculo de Ejes Equivalentes*

*Anexo 3. Ensayos de Laboratorio*

*Anexo 4. Panel Fotográfico*

*Anexo 5. Guías de Observación*

## Índice de tablas

<b>Tabla 1</b>	<i>Factores de distribución direccional y de carril.....</i>	<i>13</i>
<b>Tabla 2</b>	<i>Factores de crecimiento acumulado (Fca).....</i>	<i>14</i>
<b>Tabla 3</b>	<i>Relación de Carga por Eje par Determinar EE en un Pavimento Flexible. ....</i>	<i>15</i>
<b>Tabla 4</b>	<i>Configuración de Ejes .....</i>	<i>16</i>
<b>Tabla 5</b>	<i>Factor de Ajuste por Presión de Neumático.....</i>	<i>18</i>
<b>Tabla 6</b>	<i>Parámetros para el Cálculo del Número de Repeticiones de EE.....</i>	<i>19</i>
<b>Tabla 7</b>	<i>Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2Tn.....</i>	<i>19</i>
<b>Tabla 8</b>	<i>Categorías de Sub-Rasante.....</i>	<i>20</i>
<b>Tabla 9</b>	<i>Periodos de Diseño en Función al Tipo de Carretera .....</i>	<i>21</i>
<b>Tabla 10</b>	<i>Módulo Resiliente Obtenido por Correlación Con CBR.....</i>	<i>22</i>
<b>Tabla 11</b>	<i>Valores Recomendados de Nivel de Confiabilidad según Rango de Tráfico. ....</i>	<i>23</i>
<b>Tabla 12</b>	<i>Coeficientes Estadísticos de la Desviación Estándar Normal.....</i>	<i>24</i>
<b>Tabla 13</b>	<i>Diferencial de Serviciabilidad (<math>\Delta</math>PSI).....</i>	<i>25</i>
<b>Tabla 14</b>	<i>Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento .....</i>	<i>27</i>
<b>Tabla 15</b>	<i>Matriz de Consistencia .....</i>	<i>36</i>
<b>Tabla 16</b>	<i>Operacionalización de Variable: Diseño de Pavimento Flexible.....</i>	<i>37</i>
<b>Tabla 17</b>	<i>Vehículos ligeros y pesados para el conteo vehicular .....</i>	<i>44</i>
<b>Tabla 18</b>	<i>Pesos mínimos de muestra para el análisis granulométrico .....</i>	<i>48</i>
<b>Tabla 19</b>	<i>Tipologías de la Muestra Patrón CBR .....</i>	<i>59</i>

<b>Tabla 20</b>	<i>Valores de módulo resiliente en base al %CBR.....</i>	<i>61</i>
<b>Tabla 21</b>	<i>Porcentaje de Material Grueso y Fino en cada Calicata.....</i>	<i>69</i>
<b>Tabla 22</b>	<i>Valores de Contenido de Humedad.....</i>	<i>69</i>
<b>Tabla 23</b>	<i>Valores de limite líquido, limite plástico e índice plástico .....</i>	<i>69</i>
<b>Tabla 24</b>	<i>Tipos de suelos en base a SUCS y AASHTO.....</i>	<i>70</i>
<b>Tabla 25</b>	<i>Valores de Máxima Densidad Seca, Optimo % Humedad y CBR .....</i>	<i>70</i>
<b>Tabla 26</b>	<i>Resumen cálculo del IMDS y IMDA.....</i>	<i>71</i>
<b>Tabla 27</b>	<i>Índice medio diario anual proyectado (IMDAp) .....</i>	<i>72</i>
<b>Tabla 28</b>	<i>Ejes equivalentes vehículos ligeros y pesados.....</i>	<i>72</i>
<b>Tabla 29</b>	<i>Cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes 8.2Tn .....</i>	<i>73</i>
<b>Tabla 30</b>	<i>Resumen de valores CBR de los puntos de exploración en estudio .....</i>	<i>73</i>
<b>Tabla 31</b>	<i>Variables y cálculo del número estructural propuesto (SN). .....</i>	<i>74</i>
<b>Tabla 32</b>	<i>Variables y cálculo de los espesores del pavimento flexible .....</i>	<i>74</i>
<b>Tabla 33</b>	<i>Variables y cálculo del número estructural propuesto (SN). .....</i>	<i>75</i>
<b>Tabla 34</b>	<i>Variables y cálculo de los espesores del pavimento flexible .....</i>	<i>76</i>
<b>Tabla 35</b>	<i>Variables y cálculo de los espesores del pavimento flexible .....</i>	<i>77</i>
<b>Tabla 36</b>	<i>Variables y Cálculo de los Espesores del Pavimento Flexible .....</i>	<i>78</i>
<b>Tabla 37</b>	<i>Propiedades Mecánicas de las capas de pavimento .....</i>	<i>78</i>
<b>Tabla 38</b>	<i>Parametros de diseño de carga sobre el pavimento .....</i>	<i>79</i>
<b>Tabla 39</b>	<i>Presupuesto de Pavimento Chimbote-Coishco .....</i>	<i>91</i>
<b>Tabla 40</b>	<i>Presupuesto de Pavimento Santa .....</i>	<i>92</i>

## Índice de figuras

<i>Figura 1. Componentes del Sistema Bitufor .....</i>	28
<i>Figura 2. Configuración de la malla mesh track para el sistema bituforntes del Sistema Bitufor .....</i>	29
<i>Figura 3. Propiedades mecánicas de la malla mesh track .....</i>	30
<i>Figura 4. Longitudes de traslape de la Malla Mesh Track.....</i>	31
<i>Figura 5. Instalación del sistema bitufor. ....</i>	31
<i>Figura 6. Identificación de falla Piel de cocodrilo en la ciudad de Santa .....</i>	42
<i>Figura 7. Registro de deterioro o falla estructural en guía de observación .....</i>	43
<i>Figura 8. Conteo vehicular con la ficha técnica del MTC en Coishco .....</i>	44
<i>Figura 9 Peso de tara y muestra humedad para el secado en horno .....</i>	47
<i>Figura 10 Proceso de tamizado de la muestra de suelo .....</i>	49
<i>Figura 11 Ensayo de Limite Liquido con la Copa Casagrande.....</i>	51
<i>Figura 12 Gráfico “curva de fluidez” para determinar el limite líquido.....</i>	52
<i>Figura 13 Ensayo para determinar el límite plástico.....</i>	54
<i>Figura 14 Grafico densidad seca vs humedad optima (%).....</i>	55
<i>Figura 15 Ensayo para determinar el grado de compactación .....</i>	56
<i>Figura 16 Órbita para procesamiento de datos de índice de CBR.....</i>	58
<i>Figura 17 Máquina para determinar la penetración del CBR.....</i>	60
<i>Figura 18 Interfaz e ingreso de datos en el software WinDEPAV .....</i>	63

<b>Figura 19</b> Esfuerzos y deformaciones para pavimento Chimbote - Coishco.....	64
<b>Figura 20</b> Precios unitarios para carpeta asfáltica de 12cm .....	65
<b>Figura 21</b> Deterioro o Falla Estructural.....	67
<b>Figura 22</b> Deterioro o Falla Superficial.....	68
<b>Figura 23</b> Modelo 1: Pavimento Flexible Tradicional.....	79
<b>Figura 24</b> Modelo 2: Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor.....	80
<b>Figura 25</b> Modelo 3: Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor – 20% de espesor Carpeta Asfáltica.....	81
<b>Figura 26</b> Modelo 1: Pavimento Flexible Tradicional.....	82
<b>Figura 27</b> Modelo 2: Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor.....	83
<b>Figura 28</b> Modelo 3: Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor – 20% de Carpeta Asfáltica .....	84
<b>Figura 29</b> Modelo 1: Pavimento Flexible Tradicional.....	85
<b>Figura 30</b> Modelo 2: Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor.....	86
<b>Figura 31</b> Modelo 3: Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor – 20% de Carpeta Asfáltica .....	87
<b>Figura 32</b> Modelo 1: Pavimento Flexible Tradicional.....	88
<b>Figura 33</b> Modelo 2: Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor.....	89
<b>Figura 34</b> Modelo 3: Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor – 20% de Carpeta Asfáltica .....	90

## Índice de ecuaciones

<i>Ecuación 1: Ecuación tasas de crecimiento y proyección.....</i>	<i>13</i>
<i>Ecuación 2: Ecuación factor de crecimiento acumulado .....</i>	<i>14</i>
<i>Ecuación 3: Ecuación número de repeticiones de ejes equivalentes .....</i>	<i>18</i>
<i>Ecuación 4: Ecuación básica para el diseño de la estructura.....</i>	<i>21</i>
<i>Ecuación 5: Ecuación numero estructural .....</i>	<i>26</i>
<i>Ecuación 6: Ecuación contenido de humedad .....</i>	<i>47</i>
<i>Ecuación 7: Ecuación tasa de retención.....</i>	<i>49</i>
<i>Ecuación 8: Ecuación porcentaje acumulado .....</i>	<i>49</i>
<i>Ecuación 10: Limite Liquido.....</i>	<i>53</i>
<i>Ecuación 11: Índice Plástico .....</i>	<i>53</i>
<i>Ecuación 12: Densidad Humedad.....</i>	<i>56</i>
<i>Ecuación 13. Peso unitario seco .....</i>	<i>56</i>
<i>Ecuación 14: Porcentaje de agua añadido.....</i>	<i>58</i>
<i>Ecuación 15. Cálculo de CBR.....</i>	<i>59</i>

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación se realizó en la carretera Panamericana Norte entre los distritos de Chimbote y Santa, en la provincia de Santa, en el departamento de Ancash. Se tomó como muestra de estudio, desde el km 438+000 hasta el km 444+000 de la carretera Panamericana Norte, en donde se realizó el diseño de un pavimento flexible utilizando el sistema Bitufor (malla metálica + slurry seal, ubicada entre la carpeta de rodadura y la base granular) para compararlo con un pavimento flexible tradicional y así determinar su viabilidad ante los esfuerzos sometidos (Cargas Vehiculares). Para ello se realizó un diagnóstico situacional actual de la carretera Panamericana Norte donde evidencio las condiciones en las que se encuentra, en conjunto a esto se llevó a cabo el estudio de tráfico para hallar el Índice Medio Diario Anual (IMDA) y también los estudios de mecánica de suelos (granulometría, límites de consistencia, Proctor Modificado y CBR), con los resultados obtenidos se dividió la muestra inicial en dos segmentos: la primera Chimbote – Coishco con un CBR de 13.43% y la segunda Santa con un CBR de 5.50%. Se realizó el diseño para cada segmento de la muestra , obteniendo los espesores para Chimbote – Coishco de 0.15, 0.30, 0.35 m y el diseño para el segmento de Santa se obtuvieron unos espesores de 0.20, 0.35, 0.40 m , luego se procedió a ingresar los datos de cada pavimento al software WinDEPAV, que nos ayudó a evaluar el comportamiento estructural que presenta cada capa del pavimento (sub-base, base, malla metálica + slurry seal y carpeta de rodadura) y así se determinó la eficiencia de cada uno en lo estructural y además en lo económico.

**Palabras Claves:** Pavimento Flexible, Sistema bitufor, sustentable.

## ABSTRACT

This research work was carried out on the Panamericana Norte highway between the districts of Chimbote and Santa, in the province of Santa, in the department of Ancash. It was taken as a study sample, from km 438+000 to km 444+000 of the Panamericana Norte highway, where the design of a flexible pavement was carried out using the Bitufor system (metal mesh + slurry seal, located between the rolling layer and the granular base) to compare it with a traditional flexible pavement and thus determine its viability in the face of the efforts submitted (Vehicle Loads). For this, a current situational diagnosis of the Panamericana Norte highway was carried out, where the conditions in which it is found were evidenced, together with this, the traffic study was carried out to find the Annual Average Daily Index (IMDA) and also the soil mechanics studies (granulometry, consistency limits, Modified Proctor and CBR), with the results obtained, the initial sample was divided into two segments: the first Chimbote - Coishco with a CBR of 13.43% and the second Santa with a CBR of 5.50%. The design for each segment of the sample was carried out, obtaining the thicknesses for Chimbote - Coishco of 0.15, 0.30, 0.35 m and the design for the Santa segment, thicknesses of 0.20, 0.35, 0.40 m were obtained, then the data of each pavement was entered into the WinDEPAV software, which helped us to evaluate the structural behavior of each pavement layer (sub-base, base, metal mesh + slurry seal and rolling carpet) and thus the efficiency of each one was determined in the structural and also in the economic.

**Keywords:** Flexible Pavement, Bitufor system, sustainable.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

## CAPÍTULO I: INTRODUCCION

### 1.1 Antecedente del Problema

- En los últimos tiempos la realización de diseño de pavimentos cada vez más eficientes o la elección de sistemas de rehabilitación de carreteras, que analizados desde la perspectiva administrativa y económica sean las mejores opciones, han sido temas de estudio en varios países. Todo esto debido a que la cantidad de viajeros y de cargas vehiculares es cada vez mayor. Los expertos mencionan que si se ejecutaran actividades previas de supervisión de las vías no sería imprescindible siempre optar por actividades de rehabilitación de carreteras. El ciclo de vida (caducidad) del pavimento flexible es un factor que permite elegir una estrategia técnica, económica que asegure el comportamiento deseado al menor costo durante el periodo de estudio, por lo que la mejor opción es corregir el desgaste superficial, como grietas, hasta la reconstrucción completa de la vía y restaurar su capacidad estructural.
- En el Perú, a través de los años, se ha procurado la mejora en la tecnología de los pavimentos flexibles para que cumplan el periodo de vida útil para el cual fueron diseñados. Según un reporte del Ministerio de Transportes y Comunicaciones en la última década hubo un gran avance ya que se han ejecutado más de 15,000 Km de carreteras con pavimento flexible. Por otro lado, se ha evaluado que la falla que más inquietud genera en el deterioro de pavimentos asfálticos es la deformación permanente que se presenta en las distintas capas del pavimento. inclusive en la subrasante, es por ello que se ha tratado de conocer sus principales causas y que a partir de ahora en la elaboración de proyectos se vele por la calidad de materiales, diseño de mezclas asfálticas y el diseño estructural del pavimento.

- Mexico ha sido desde hace décadas uno de los países con mayor flujo vehicular y con el transcurrir del tiempo, los vehículos han evolucionado en peso y en número. En comparación con la década de 1950 hoy en día existe 3 ó 4 veces mayor número de vehículos, y la cantidad de vehículos de carga ha aumentado hasta cifras del 30 al 40%. Además, tienen un peso mayor (60 Tn) en comparación con los 7 o 8 Tn de ese entonces, por ende, se producen esfuerzos y deformaciones mayores deteriorando en un tiempo más corto la estructura del pavimento. Por otro lado, los materiales usados entre 1950 - 1970 para la construcción de pavimentos, eran insuficientes e inadecuados. Como resultado, el camino está deformado, picado y lleno de surcos, lo que afecta seriamente los costos de mantenimiento. Actualmente, si el costo de construcción de una carretera mexicana es 1, el costo de mantenimiento puede ser 10 o 12, dada una vida útil de 30 a 40 años. Según el mismo estudio, los costos de operación pueden aumentar entre un 15% y un 20% por kilómetro recorrido cuando la condición de la superficie del pavimento cambia de "mejor" a "buena" y los kilómetros cuando la condición de la superficie alcanza la condición "deficiente". los costos operativos aumentarán entre un 15% y un 20%.”, este multiplicador puede ser 35% o 40%. Todo esto hace ver el papel importante que tiene la fase de construcción, supervisión y mantenimiento del pavimento en los ahorros posibles. (Rico et al.,1998).
- En el país vecino de EE. UU, la red nacional de carreteras ha sufrido deterioros debido al envejecimiento (la mayoría de estas fueron construidas en los años 1950 y 1960), el uso, la sobreutilización y las condiciones ambientales (altas y bajas temperaturas). Todo ello ha conllevado a demostrar la necesidad de contar con diseños y sistemas de rehabilitación más eficientes ya que según un reporte de la ASCE2001 se necesitaría la astronómica cifra

de 1.3 billones de dólares para reconstruir o hacer mantenimiento a las principales carreteras del estado en los próximos 5 años.

En general, la reflexión de grietas en los pavimentos asfálticos en caliente (AMC), principalmente por efectos de las cargas de vehículos pesados, es un serio desafío para la rehabilitación de pavimentos y es un problema importante y ocasional cuyo desarrollo es útil. vida útil del recubrimiento; por ello, en este artículo se propone el sistema Bitufor (sellado de web rail) como una solución alternativa para retrasar la aparición de fisuras, además de sus otros beneficios que alargan la vida útil del pavimento.

En Bélgica se evaluó el refuerzo de malla metálica + slurry seal para controlar la reflexión de grietas en estructuras de pavimento flexibles. Se supervisó el rendimiento de 4 ensayos de campo diferentes, en los que se utilizó el refuerzo de malla metálica + slurry seal, durante una vida útil que iba de 2 a 13 años. Según los resultados del programa de seguimiento, tres de los cuatro proyectos designados para evaluar la eficacia de las mallas de acero en la reducción del reflejo de las grietas tuvieron un rendimiento satisfactorio (condiciones entre excelentes y muy buenas). Uno de los proyectos mostró un rendimiento entre regular y malo debido a las malas condiciones de drenaje del lugar (Al-Qadi et al.,2016).

El sistema existe en la capital peruana desde 2010, pero el uso de mallas de acero no es nada nuevo en países del primer mundo.

## **1.2 Formulación del problema**

¿Cuál será el diseño del pavimento flexible utilizando el sistema Bitufor para ser una medida sustentable en la carretera Panamericana, Chimbote-Santa, Áncash?

## 1.3 Objetivos

### 1.3.1 *Objetivo General*

- ✓ Realizar el diseño del pavimento flexible utilizando el sistema Bitufor como medida sustentable en la carretera panamericana, Chimbote-Santa, Áncash

### 1.3.2 *Objetivos Específicos*

- ✓ Realizar un diagnóstico situacional actual de la carretera panamericana norte desde el km438+000 hasta el km444+000.
- ✓ Realizar los estudios básicos de ingeniería: estudio de tráfico y mecánica de suelos.
- ✓ Conocer el proceso de diseño de un pavimento flexible bajo el sistema bitufor.
- ✓ Realizar la comparación entre el costo total de un pavimento flexible tradicional y un pavimento flexible con aplicación del sistema Bitufor.

## 1.4 Formulación de Hipótesis

La utilización del sistema Bitufor será una medida sustentable en el diseño del pavimento flexible de la carretera Panamericana, Chimbote - Santa, Ancash; debido a que generaría ahorro económico en los materiales y mayor capacidad de soporte en la estructura.

## 1.5 Justificación

### **Técnica:**

- Esta investigación se centra en la reconstrucción y rehabilitación de carreteras con una nueva tecnología poco utilizada en el Perú. La carretera Panamericana Norte que conecta las ciudades de Chimbote, Coishco y Santa, en el departamento de Ancash, se encuentra en una situación crítica, presentando problemas de deterioro en la carpeta asfáltica y demás capas, debido a la mala ejecución del diseño de esta carretera que a su vez es perjudicada por la acción constante de las cargas pesadas que transitan por ella. Las razones de nuestro

enfoque de solución al aplicar el sistema Bitufor en el diseño de pavimento flexible, serían potencialmente favorables ya que este sistema mejora el comportamiento estructural del pavimento y aumenta su resistencia ante la aparición de grietas y fisuras.

#### **Económica:**

- Desde el aspecto económico, se sabe que otra característica principal de este sistema es la reducción del espesor de la capa de rodadura, lo cual genera ahorro de recursos económicos tanto en el empleo de los materiales y herramientas a lo largo de todo el kilometraje del proyecto, así como en los costos de mantenimiento durante toda la vida útil del pavimento flexible, por ende, es beneficioso en este aspecto.

#### **Social:**

- Los caminos y caminos pavimentados reducen el tiempo de viaje, ya que tanto los peatones como los vehículos pueden moverse con facilidad y rapidez por las ciudades y los vecindarios. Otro aspecto trascendental es la generación de oportunidades de empleo directo e indirecto para las ciudades, lo que contribuirá a mejorar la calidad de vida de los pobres.

### **1.6 Limitaciones del trabajo**

#### **Técnicas:**

- ✓ En el estudio de conteo vehicular no se pudo estar las 24 horas del día.
- ✓ Difícil obtención de información del sistema bitufor en la web.
- ✓ Dificultad en la identificación inmediata de deterioros y fallas en la carretera Panamericana Norte debido a la gran cantidad de vehículos que transcurrían a toda hora.

**Económicas:**

- ✓ El factor económico también contempla una limitación, debido a que se tuvo que realizar todos los ensayos de suelos en un laboratorio aparte ya que por la situación del Covid-19 el laboratorio de la UNS no estaba disponible.

**Sociales:**

- ✓ En los inicios del proyecto, dificultad para reunirse o trasladarse al lugar de estudio para hacer los estudios respectivos, por el tema de la coyuntura del Covid-19, ya que el gobierno decretaba protocolos exigentes para su prevención.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

## II CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

#### 2.1.1 Antecedentes Nacionales

- El trabajo de investigación de Díaz Chuquimango (2017) "Efectos de las geomallas en el diseño de pavimentos flexibles en el Anillo Vial Norte - Cajamarca, 2017" incluye la determinación de los impactos de las geomallas en la ciudad de Yamarca, en dirección norte, sujeto a un estudio de tráfico de una semana. fue sacado realizado, a partir del cual se obtuvieron 11.952.562 números de eje equivalentes (en lo sucesivo, EALS). Además, se crearon 04 calicatas a partir de las cuales se realizó la investigación de suelos según clasificación AASHTO considerando tipo de suelo mínimo, con un CBR de diseño de 2.25%, donde el tipo de suelo principal es tipo A-7. valor. En base a los parámetros de diseño identificados se desarrollaron 03 alternativas que son: Construcción de pavimento flexible reforzado con geonet Tenax lbo 202 y 302 según diseño de pavimento flexible tradicional AASHTO. Teniendo en cuenta el espesor de la capa granular se realizó una comparación técnica del recubrimiento, se encontró que el recubrimiento reforzado con geonet Tenax lbo 202 y 302 sobre la base granular tienen la misma ventaja técnica con respecto a la base granular, debido a que g. estos dos En ambos casos el espesor se reduce en 7,50 cm. Sin embargo, en la subbase granular, la geomalla se redujo en 11,00 cm, mientras que la geomalla lbo 302 se redujo en 13,00 cm. Finalmente, la comparación económica muestra que el precio del pavimento flexible normal reforzado con geored LBO 202 puede ahorrar S./32.73 por metro cuadrado, mientras que el pavimento reforzado con geored LBO 302 puede ahorrar S./32.73/m<sup>2</sup>. / 37,86 por metro cuadrado. De los resultados obtenidos se concluyó que el uso de la Geomalla Tenax lbo 302 es la más beneficiosa, ya

que técnicamente reduce la subbase granular en un 32.60% y 32.10%, por lo tanto económicamente también se reduce en un 18.23. %

- Vallejos (2014) en su trabajo de investigación “Diseño Estructural de Pavimentos Resilientes para el Ciclo Elíptico Grau – Trujillo – La Libertad” incluyó una evaluación del crecimiento de la propiedad de automóviles en la ciudad de Trujillo para establecer un vínculo entre la durabilidad y los métodos y técnicas en la diseño de un pavimento flexible adecuado para la zona de estudio, se realizaron estudios de tráfico, sus resaltes y los aspectos estéticos de todo el proyecto para poder solucionar los problemas de tráfico vehicular. movimiento en todas las direcciones. De esta forma, se determinaron criterios estructurales según normas y métodos, y se diseñó la estructura de pavimento flexible para lograr un nivel de tránsito eficiente y mejorar las condiciones de vida de la población en toda la zona afectada. Concluyó que para un período de diseño de 20 años, se determinó que el número ESAL era  $8.02 \times 10^6$  según los estudios de tráfico realizados, según los estudios de mecánica del suelo, se encontró que la arena arcillosa y la arena arcillosa eran los materiales principales en las arcillas moderadamente plásticas que yo descartado. . CBR de diseño es 8.20%, que es relativamente bajo debido al alto porcentaje de polvo fino en la muestra. Finalmente, de acuerdo con el Método de Diseño de Pavimentos Resilientes de AASHTO, se determina el espesor del pavimento: el pliegue, el fondo y la base son de 10 cm, 35 cm y 30 cm.
- Yarango Serrano (2014) en el trabajo de investigación “Rehabilitación de la vía de 0.000 km a 1.900 km en el distrito de Uchumayo de Arequipa a la Empresa Minera Cerro Verde (S.M.C.V) utilizando un sistema bitufore para reducir la reflexión de fisura y extender la vida útil de la pavimento”, además de otros pavimentos por las ventajas de alargamiento,

como solución alternativa para retrasar la aparición de fisuras, se ha desarrollado la utilización del sistema bitufor (sellado con lechada de la red de vía). También se ha desarrollado material de referencia sobre las características y ventajas de las grillas que forman el sistema, así como recomendaciones para el proceso de su creación. Se utilizó el método PCI para la evaluación visual del estado inicial del pavimento, el ensayo de viga Benkelman para el análisis de su desarrollo estructural, se calculó y analizó el diagrama de desviación y se obtuvieron buenos resultados. Se concluye que en base a la evaluación de las deflexiones previas al refuerzo se obtuvieron unas deflexiones características de 60.41 y 65.01 x 10<sup>-2</sup> mm correspondientes a los rieles derecho e izquierdo, luego del refuerzo se redujeron a 47.59 y 44.05x10<sup>-2</sup> mm, son menor. para la deflexión permisible y excede la deflexión permisible de 59.44x10<sup>-2</sup> mm, como resultado del refuerzo del pavimento, podemos predecir que el desempeño del pavimento en los próximos 10 años está garantizado. Para conseguir una correcta adherencia al antiguo revestimiento, se recomienda no fijar la malla a piezas sueltas o móviles, sino fijarla o, en su caso, fijarla mediante la técnica de "crack and fit" (crack and tamp) se utiliza.

### **2.1.2 Antecedentes Internacionales**

- Imad L. Al-Qadi , Mostafa Elseifi y Didier Leonard (2015) en la investigación "Desarrollo de un modelo de diseño de superposición para grietas reflectantes con y sin redes de refuerzo de acero". Donde Los recubrimientos de mezcla de asfalto en caliente (MAC) suelen utilizarse para rehabilitar pavimentos agrietados. Las grietas en el pavimento existente se mueven continuamente debido a la expansión térmica y las cargas de tráfico, y luego se propagan hacia arriba a la superficie del nuevo pavimento causando grietas reflectantes. Las redes de refuerzo de acero se han utilizado con éxito en Europa durante

las dos últimas décadas para mejorar la resistencia de la MAC al agrietamiento por reflexión. En el verano de 2002, los refuerzos de acero se utilizaron en al menos 15 proyectos en los Estados Unidos. Para investigar el potencial de las redes de refuerzo de acero para mitigar la reflexión de las grietas, se presenta un enfoque teórico basado en el modelado de elementos finitos en tres dimensiones (3D). El modelo de elementos finitos 3D simula con precisión el refuerzo de acero como una capa intermedia no homogénea con aberturas. Se consideraron las fases de iniciación y propagación de la grieta para los casos reforzados y no reforzados. Los resultados de este análisis se utilizaron para desarrollar ecuaciones de diseño que pueden utilizarse para predecir la vida útil de la capa de rodadura frente a la fisuración por reflexión con y sin refuerzo de acero. En general, según el análisis de elementos finitos (FEA), el refuerzo de acero mejora la vida útil de la capa de rodadura en un factor que oscila entre el 501%90, dependiendo del espesor de la capa de rodadura y la capacidad estructural del pavimento.

## **2.2 Base Teórica**

### **2.2.1 Pavimentos**

El pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la superficie de la carretera. Cumple la función de resistir y dispersar la fuerza generada por el vehículo, lo que mejora la seguridad y el confort del tránsito. Por lo general, consta de las siguientes capas: una capa base, una capa base y una capa de uso. La estructura en capas descansa sobre la subrasante realizada durante el movimiento del suelo del resumen del estudio y debe soportar adecuadamente los efectos de las cargas de tráfico cíclico que se le transfieren durante el diseño de la estructura del pavimento. (Montejo Fonseca, 2002).

### **2.2.2 Trafico Vial**

Las encuestas de tráfico deben proporcionar la información del índice promedio diario (IMDA) para la sección de carretera encuestada. IMDA es el requisito actual de capacidad vehicular por tipo de vehículo para cada dirección de tráfico. Los requisitos de presión de los ejes y de los neumáticos están directamente relacionados con el desgaste de la carretera. Para ello, se tuvo que contabilizar el número de vehículos en el tramo de carretera en dos días, uno de los cuales era un día laborable normal y el otro era un sábado, teniendo en cuenta las condiciones normales de tráfico. (Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014).

#### **2.2.2.1 Factor direccional y factor carril:**

El coeficiente de distribución de dirección corresponde al número de vehículos que circulan en una dirección, o el sentido del tráfico, y suele ser igual a la mitad del tráfico total que circula en ambas direcciones, pero en algunos casos una dirección puede ser mayor que la otra, es decir sobre la definición del número de vehículos.

La relación de asignación de carriles corresponde al carril que recibe la mayor cantidad de EE, en el que viaja la mayor parte del tráfico en la dirección dada. En función de los porcentajes de ponderación aplicados al IMDA, la cantidad de tráfico en los carriles de diseño del pavimento tendrá en cuenta la cantidad de dirección o percepción y el número de carriles por calzada de carretera. (Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014).

**Tabla 1**

*Factores de distribución direccional y de carril*

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

Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014)

#### 2.2.2.2 Cálculo de tasas de crecimiento y proyección:

El aumento en el tráfico de automóviles se puede calcular usando la fórmula de progresión geométrica.

#### **Ecuación 1:** Ecuación tasas de crecimiento y proyección

$$T_n = T_0(1 + r)^{n-1}$$

En donde:

Tn: Tránsito proyectado al año “n” en vehículos/día.

To: Tránsito actual (año base) en vehículos/día.

n: Número de años del periodo de diseño.

r: Tasa anual de crecimiento del tránsito.

Las tasas de crecimiento del tráfico se determinan en función de la dinámica de crecimiento socioeconómico de la región y se pueden obtener del INEI, y las tasas de crecimiento del

tráfico suelen oscilar entre el 2 % y el 6 %. (Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014).

**Tabla 2**

*Factores de crecimiento acumulado (Fca)*

Periodo de Análisis (años)	Factor sin Crecimiento	Tasa anual de crecimiento							
		2	3	4	5	6	7	8	10
1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
2	2.00	2.02	2.03	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.00	3.06	3.09	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.00	4.12	4.18	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.00	5.20	5.19	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.00	6.31	6.47	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.00	7.43	7.66	7.66	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	8.89	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.16	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	11.46	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	12.81	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	14.19	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	15.62	15.62	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	17.09	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	18.60	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	20.16	20.16	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.00	20.01	21.76	21.76	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.00	21.41	23.41	23.41	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.84	25.12	25.12	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	26.87	26.87	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28

Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014)

**Ecuación 2:** Ecuación factor de crecimiento acumulado

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

En donde:

Fca: Factor de crecimiento acumulado.

n: Número de años del periodo de diseño.

r: Tasa anual de crecimiento del tránsito.

### 2.2.2.3 Número de repeticiones de ejes equivalentes

El diseño del pavimento se basa en satisfacer las demandas del tráfico pesado de autobuses y camiones. Al desarrollar un análisis de equivalente axial acumulativo (EE), el impacto del tráfico se mide en unidades definidas por AASHTO. AASHTO define EE como el efecto de degradación de dos bandas de rodadura convencionales con una carga unilateral de 8,2 toneladas y una presión de neumáticos de 80 psi. EE es un factor de equivalencia que representa el coeficiente de daño de la estructura del pavimento para diferentes cargas dependiendo del tipo de ejes que componen cada vehículo pesado. (Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014).

**Tabla 3**

*Relación de Carga por Eje par Determinar EE en un Pavimento Flexible.*

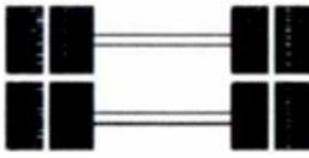
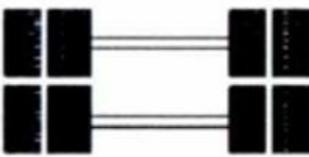
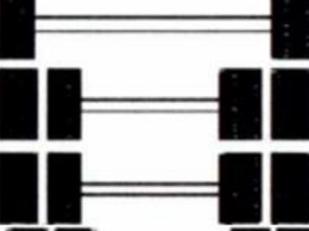
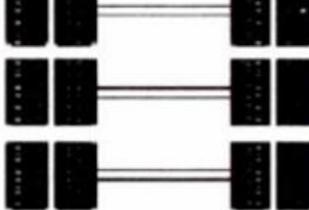
<b>Tipo de Eje</b>	<b>Eje Equivalente (EE8.2tn)</b>
Eje Simple de ruedas simple (EEs1)	$EEs1 = [P/6.6]^{\wedge}4.0$
Eje Simple de ruedas dobles (EEs2)	$EEs2 = [P/8.2]^{\wedge}4.0$
Eje Tandem ( 1 eje ruedas doble + 1 eje ruedas simple)(EEta1)	$EEs1 = [P/14.8]^{\wedge}4.0$
Eje Tandem ( 2 ejes de ruedas dobles)( EEta2)	$EEs1 = [P/15.1]^{\wedge}4.0$
Ejes Tridem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple) (EEtr1)	$EEs1 = [P/20.7]^{\wedge}3.0$
Eje Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EEtr2)	$EEs1 = [P/21.8]^{\wedge}3.9$

P= peso real por eje en toneladas

Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014)

**Tabla 4**

*Configuración de Ejes*

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	N° de Neumáticos	Grafico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1RS	2	
EJE SIMPLE (Con Rueda Doble)	1RD	4	
EJE TANDEM (1Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	6	
Eje TANDEM (2 Eje Rueda Doble)	2RD	8	
Eje <u>Tridem</u> (1 Rueda Simple +2 Eje Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
Eje TRIDEM (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014)

Para el diseño del pavimento, use la cantidad esperada de EE que cruzará el carril de diseño durante el análisis. El carril diseñado corresponderá al carril de la autopista que se determine como el más transitado, y los resultados del cálculo se aplicarán a todos los

carriles de un tramo típico de la autopista en una fase de demanda homogénea. En ausencia de estaciones de pesaje que puedan generar conteos de carga por tipo de eje, la medición de la demanda se basará en una muestra grande de tráfico para que el factor de vehículos pesados pueda calcularse a partir de las mediciones obtenidas para el tipo de vehículos pesados. Para cada tipo de transporte por carretera, el coeficiente se deriva del EE medio que caracteriza a cada tipo de vehículo pesado. (Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014).

El factor de vehículos pesados ( $F_{vp}$ ) es el número de EE promediados por tipo de vehículo pesado, y el valor promedio se obtiene dividiendo la cantidad de EE para un tipo de vehículo pesado específico por el número total de tipos de vehículos pesados seleccionados. El cálculo del factor EE se realizará utilizando la carga real por eje de los vehículos pesados probados en el conteo de carga.

Finalmente, para determinar el factor de presión de las llantas, se utilizarán los valores de la Tabla 5, obtenidos al correlacionar los valores del factor de ajuste EAL de la Tabla de Presión de Llantas IV-4 del Asphalt Institute Manual MS-1, que cambia la presión inicial a 70 PSI, 80 PSI indica la presión el valor recomendado por el MTC arriba (The Asphalt Institute, 2010).

**Tabla 5**

*Factor de Ajuste por Presión de Neumático.*

Espeso de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto del Neumático (PCP) en psc PCN = 0.90 x [Presión de inflado del neumático] (pai)						
	80	90	100	110	120	130	140
50	1.00	1.30	1.80	2.13	2.91	3.59	4.37
60	1.00	1.33	1.72	2.18	2.69	3.27	3.92
70	1.00	1.30	1.65	2.05	2.49	2.99	3.53
80	1.00	1.28	1.59	1.94	2.32	2.74	3.20
90	1.00	1.25	1.53	1.84	2.17	2.52	2.91
100	1.00	1.23	1.48	1.75	2.04	2.35	2.68
110	1.00	1.21	1.43	1.66	1.91	2.17	2.44
120	1.00	1.19	1.38	1.59	1.80	2.02	2.25
130	1.00	1.17	1.34	1.52	1.70	1.89	2.09
140	1.00	1.15	1.30	1.46	1.62	1.78	1.94
150	1.00	1.13	1.26	1.39	1.52	1.66	1.79
160	1.00	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71
170	1.00	1.11	1.21	1.31	1.41	1.51	1.61
180	1.00	1.09	1.18	1.27	1.36	1.45	1.53
190	1.00	1.08	1.16	1.24	1.31	1.39	1.46
200	1.00	1.08	1.15	1.22	1.28	1.35	1.41

Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014)

Obtener todos los parámetros y coeficientes necesarios para calcular el número de repeticiones del eje equivalente a 8,2Tn a diseñar; los siguientes términos se utilizarán según el tipo de vehículo; el resultado final será la suma de los diferentes tipos de vehículos pesados considerados.

**Ecuación 3:** Ecuación número de repeticiones de ejes equivalentes

$$N^{\circ} \text{ rep EE } 8.2Tn = \sum EE \text{ dia} - \text{carril} \times Fca \times 365$$

**Tabla 6**

*Parámetros para el Cálculo del Número de Repeticiones de EE.*

Parámetros	Descripción
Nrep de EE 8.2 t	Numero de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 t
EE día-carril	Ejes Equivalentes por cada tipo d vehículo pesado, por día para el carril de diseño. Resulta del IMD por cada tipo de vehículo pesado, por el Factor Direccional, por el Factor del Carril de diseño, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de neumático. para cada tipo de vehículo pesado, se aplica la siguiente relación $EE_{\text{día-carril}} = IMD_{p_i} \times F_d \times F_c \times F_{vp_i} \times F_{p_i}$
Fca	Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehiculo pesado
365	Numero de dias del año
$\Sigma$	Suma de Ejes Equivalentes de todos los tipos de vehiculos pesados, por dia para el carril de diseño por Factor de crecimiento acumulado por 365 dias del año.

Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014)

#### 2.2.2.4 Clasificación de numero de repeticiones de ejes equivalentes en el periodo de diseño:

Las carreteras pavimentadas se dividen en 15 zonas por carril e iteraciones de EE durante el diseño. De 75.000 a 30.000.000 EE según la siguiente tabla.

**Tabla 7**

*Número de Repeticiones Acumuladas de Ejes Equivalentes de 8.2Tn*

Tipos Tráfico Pesado Expresado en EE	Rangos de Tráfico Pesado expresado en EE
Tp0	> 75,000 EE <= 150,000 EE
Tp1	> 150,000 EE <= 300,000 EE
Tp2	> 300,000 EE <= 500,000 EE
Tp3	> 500,000 EE <= 750,000 EE
Tp4	> 750,000 EE <= 1,000,000 EE
Tp5	> 1,000,000 EE <= 1,500,000 EE
Tp6	> 1,500,000 EE <= 3,000,000 EE
Tp7	> 3,000,000 EE <= 5,000,000 EE

Tp8	> 5,000,000 EE <= 7,500,000 EE
Tp9	> 7,500,000 EE <= 10,000,000 EE
Tp10	> 10,000,000 EE <= 12,500,000 EE
Tp11	> 12,500,000 EE <= 15,000,000 EE
Tp12	> 15,000,000 EE <= 20,000,000 EE
Tp13	> 20,000,000 EE <= 25,000,000 EE
Tp14	> 25,000,000 EE <= 30,000,000 EE
Tp15	> 30,000,000 EE

Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014)

### 2.2.3 *Sub-base*

Las propiedades del subsuelo sobre el que descansa el pavimento se definen en seis categorías determinadas por su capacidad de soporte CBR. Se considerarán como material apto para cimentaciones suelos con CBR igual o superior al 6%. En caso de ser menor, se estabiliza el suelo, donde se analizarán alternativas de solución, tales como estabilización mecánica y química, reposición de materiales, geosintéticos, altura, cambios en el diseño vial, selección de la solución técnica más conveniente y económica. (Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014).

### Tabla 8

Categorías de Sub-Rasante.

<b>Categoría de Sub rasante</b>	<b>CBR</b>
S0: Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Sub rasante insuficiente	De CBR >= 3% A CBR <6%
S2: Sub rasante Regular	De CBR >= 6% A CBR <10%
S3: Sub rasante Buena	De CBR >= 10% A CBR <20%
S4: Sub rasante Muy Buena	De CBR >= 20% A CBR <30%
S5: Sub rasante Excelente	CBR >= 30%

Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014)

## 2.2.4 Método guía AASHTO 93

El método está diseñado para calcular el espesor en función del rendimiento del pavimento, las cargas de los vehículos y la resistencia de la subrasante. El propósito del modelo es obtener el número de diseño requerido (SNr) para identificar y determinar un conjunto de espesores para cada capa de la estructura del pavimento para asegurar un desempeño adecuado en servicio para el período de diseño dado. (Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014).

### 2.2.4.1 Período de diseño

**Tabla 9**

*Periodos de Diseño en Función al Tipo de Carretera*

Tipo de Carretera	Periodo de diseño
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30-50 años
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20-50 años
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15-25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito	10-20 años
Afirmadas o lastradas	5-10 años

Fuente: Acurio (2016)

### 2.2.4.2 Variables

La ecuación básica para el diseño de la estructura de un pavimento flexible es la siguiente:

**Ecuación 4:** Ecuación básica para el diseño de la estructura

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10} \left( \frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5} \right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

A partir de esta ecuación se desprenden las siguientes definiciones:

**- W18:**

Esta es una cantidad acumulada de un solo eje de 18 000 lb (80 kN) según el diseño, lo que corresponde a iteraciones de EE de 8,2 Tn.

**- Módulo de Resiliencia (MR):**

Es una medida de la rigidez del subsuelo y debe determinarse mediante una prueba de rebote de acuerdo con las recomendaciones de cálculo de AASHTO.

Sin embargo, MTC sugiere que existe cierta correlación entre CBR y MR.

**Tabla 10**

*Módulo Resiliente Obtenido por Correlación Con CBR*

CBR % Sub Rasante	Modulo Resiliente Sub Rasante (Mr) (PSI)	Modulo Resiliente Sub Rasante (Mr) (MPA)	CBR % Sub Rasante	Modulo Resiliente Sub Rasante (Mr) (PSI)	Modulo Resiliente Sub Rasante (Mr) (MPA)
6	8,043.00	55.45	19	16,819.00	115.96
7	8,877.00	61.2	20	17,380.00	119.83
8	9,669.00	66.67	21	17,931.00	123.63
9	10,426.00	71.88	22	18,473.00	127.37
10	11,153.00	76.9	23	19,006.00	131.04
11	11,854.00	81.73	24	19,531.00	134.66
12	12,533.00	86.41	25	20,048.00	138.23
13	13,192.00	90.96	26	20,558.00	141.74
14	13,833.00	95.38	27	21,060.00	145.2
15	14,457.00	99.68	28	21,556.00	148.62
16	15,057.00	103.88	29	22,046.00	152.00
17	15,663.00	107.99	30	22,529.00	155.33
18	16,247.00	112.02			

Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014)

**-Confiabilidad (%R):**

Los criterios de confiabilidad expresan la probabilidad de que una estructura funcione según lo previsto durante el diseño. Esta probabilidad se basa en la variabilidad de la estructura del pavimento y los factores que influyen en su desempeño. De acuerdo con las

pautas de AASHTO, se considera que el comportamiento del tráfico y del pavimento sigue una distribución normal lo suficientemente cercana como para que se puedan usar conceptos estadísticos para lograr un cierto nivel de confianza, por ejemplo, el 95 % de confianza significa solo el 5 % del espesor del pavimento. sección no alcanzará el índice de desempeño previsto, entonces a un nivel más alto de confiabilidad, el espesor de la estructura de pavimento diseñada aumentará. La confiabilidad no es un parámetro de entrada directo en las ecuaciones de diseño que requieren el uso de un coeficiente estadístico denominado desviación normal estándar ( $Z_r$ ). (Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014).

**Tabla 11**

*Valores Recomendados de Nivel de Confiabilidad según Rango de Tráfico.*

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		NIVEL DE CONFIABILIDAD
Caminos de Bajo Volumen de Transito	Tp0	75,000	150,000	65%
	Tp1	150,001	300,000	70%
	Tp2	300,001	500,000	75%
	Tp3	500,001	750,000	80%
	Tp4	750,001	1,000,000	80%
	Tp5	1,000,001	1,500,000	85%
	Tp6	1,500,001	3,000,000	85%
	Tp7	3,000,001	5,000,000	85%
	Tp8	5,000,001	7,500,000	90%
	Tp9	7,500,001	10,000,000	90%
Resto de Caminos	Tp10	10,000,001	12,500,000	90%
	Tp11	12,500,001	15,000,000	90%
	Tp12	15,000,001	20,000,000	95%
	Tp13	20,000,001	25,000,000	95%
	Tp14	25,000,001	30,000,000	95%
	Tp15	>30,000,000		95%

Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014)

**-Coeficiente estadístico de desviación estándar normal ( $Z_r$ ):**

Representa el valor de confiabilidad seleccionado, para un conjunto de datos en una distribución normal.

**Tabla 12**

*Coefficientes Estadísticos de la Desviación Estándar Normal.*

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		Desviacion Estandar Normal (Zr)
Caminos de Bajo Volumen de Transito	Tp0	75,000	150,000	-0.385
	Tp1	150,001	300,000	-0.524
	Tp2	300,001	500,000	-0.674
	Tp3	500,001	750,000	-0.842
	Tp4	750,001	1,000,000	-0.842
	Tp5	1,000,001	1,500,000	-1.036
	Tp6	1,500,001	3,000,000	-1.036
	Tp7	3,000,001	5,000,000	-1.036
Resto de Caminos	Tp8	5,000,001	7,500,000	-1.282
	Tp9	7,500,001	10,000,000	-1.282
	Tp10	10,000,001	12,500,000	-1.282
	Tp11	12,500,001	15,000,000	-1.282
	Tp12	15,000,001	20,000,000	-1.645
	Tp13	20,000,001	25,000,000	-1.645
	Tp14	25,000,001	30,000,000	-1.645
	Tp15	>30,000,000		-1.645

Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014)

### **-Desviación Estándar Combinada (So)**

La desviación estándar combinada (So) es un valor que tiene en cuenta la variación esperada en los pronósticos de tráfico, así como otros factores que afectan el comportamiento del pavimento, como la construcción, el medio ambiente, la incertidumbre del modelo. Las guías AASHTO recomiendan valores de So entre 0,40 y 0,50 para pavimentos flexibles.

### -Índice de serviciabilidad presente (PSI):

Es la comodidad de ciclismo que obtiene el usuario. Su valor va de 0 a 5. Un valor de 5 representa el mejor confort teórico (difícil de conseguir), mientras que un valor de 0 representa el peor. A medida que las condiciones de las carreteras disminuyen debido al deterioro, también lo hace el PPI. La varianza en servicio ( $\Delta$ PSI) es la diferencia entre el desempeño inicial en servicio (la condición de una carretera recién construida) y el desempeño de uso final (la condición de la carretera donde se ha detectado la necesidad de algún tipo de reparación o reconstrucción). alcanzó). (Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014).

**Tabla 13**

*Diferencial de Serviabilidad ( $\Delta$ PSI).*

TIPO DE CAMINOS	TRAFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		Diferencial de Serviabilidad ( $\Delta$ PSI)
Resto de Caminos	Tp7	3,000,001	5,000,000	1.50
	Tp8	5,000,001	7,500,000	1.50
	Tp9	7,500,001	10,000,000	1.50
	Tp10	10,000,001	12,500,000	1.50
	Tp11	12,500,001	15,000,000	1.50
	Tp12	15,000,001	20,000,000	1.20
	Tp13	20,000,001	25,000,000	1.20
	Tp14	25,000,001	30,000,000	1.20
	Tp15		>30,000,000	1.20

Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014)

### -Número Estructural Propuesto (SNR)

Aplicando los datos obtenidos y procesados a las ecuaciones de diseño de AASHTO y obteniendo un número de diseño que represente el espesor total del pavimento a colocar, es necesario convertirlo al espesor efectivo de las capas que componen el pavimento, es

decir capa de desgaste, capa base y capa base usando coeficientes de estructura, esta transformación se logra aplicando la Ec.: (Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014).

**Ecuación 5:** Ecuación numero estructural

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

En donde:

- a1, a2, a3: Coeficientes estructurales de las capas: capa de rodadura, base y sub-base, respectivamente.
- d1, d2, d3: Espesores (en centímetros) de las capas: capa de rodadura, base y sub-base, respectivamente.
- m2, m3: Coeficientes de drenaje para las capas de base y sub-base, respectivamente

Según AASHTO, la ecuación SN no tiene una solución única, es decir diferentes combinaciones de espesores para cada capa pueden proporcionar soluciones satisfactorias. Los diseñadores deben realizar un análisis de rendimiento de las opciones de diseño de pavimento seleccionadas para decidir qué opciones brindan el mejor nivel de servicio, funcionalidad y valores estructurales inaceptables y tráfico para soportar la calzada. (Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014).

**Tabla 14**

*Coefficientes Estructurales de las Capas del Pavimento*

Componente del Pavimento	Coefficiente	Coefficiente Estructural ai(cm)	Observaciones
<b>CAPA SUPERFICIAL</b>			
Carpeta Asfáltica en Caliente, Modulo 2,965 Mpa (430,000 PSI) A 20 °C (68 °F)	a1	0.170 / cm	Capa superficial recomendada para todos los tipos de trafico
Carpeta Asfáltica en Frio, mezcla asfáltica con emulsion	a1	0.125 / cm	Capa superficial recomendada para tráfico <= 1,000,000 EE
Micropavimento 25 mm	a1	0.130 / cm	Capa superficial recomendada para tráfico <= 1,000,000 EE
Tratamiento Superficial Bicapa	a1	0	Capa Superficial recomendada para tráfico <= 500,000 EE. No aplica en tramos con pendiente mayor a 8%; y, en <del>vias</del> con curvas pronunciadas, curvas de volteo, curvas y contracurvas, y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
Lechada asfáltica (Slurry seal) de 12 mm	a1	0	Capa Superficial recomendada para tráfico <= 500,000 EE. No Aplica en tramos con pendiente mayor a 8% y en tramos que obliguen al frenado de vehículos
<b>BASE</b>			
Base Granular CBR 80%, compactada al 100% de la MDS	a2	0.052 / cm	Capa de Base recomendada para tráfico <= 10,000,000 EE
Base Granular CBR 100%, compactada al 100% de la MDS	a2	0.054 / cm	Capa de Base recomendada para tráfico <= 10,000,000 EE
Base Granular Tratada con asfalto (Estabilidad Marshall = 1500 lb)	a2	0.115 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Trafico
Base Granular Tratada con Cemento (resistencia a la compresión 7 dias = 35 Kg/cm <sup>2</sup> )	a2	0.070 / cm	Capa de Base recomendada para todos los tipos de Trafico
<b>SUB- BASE</b>			
Sub-base Granular CBR 40% compactada al 100% de la MDS	a3	0.047 / cm	Capa de Sub-base recomendad con CBR mínimo 40%, para todos los tipos de Trafico.

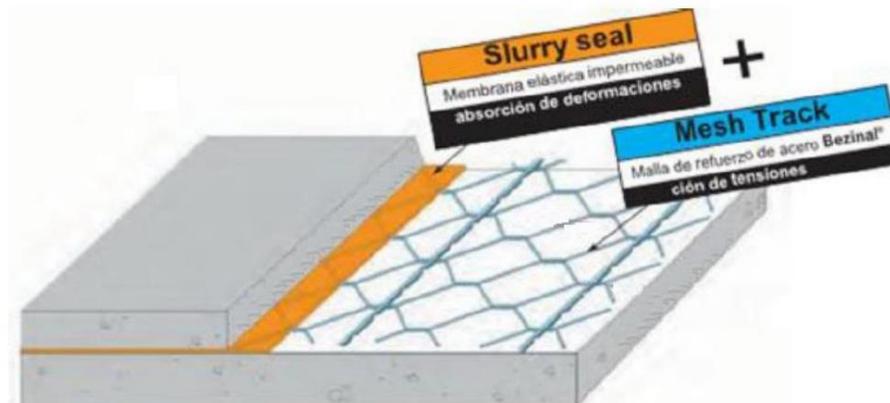
Fuente: Manual de Carreteras Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014)

### 2.2.5 Sistema Bitufor

El sistema Bitufor consiste en una malla de acero y Aplique una capa de asfalto o sellador de lechada antes de aplicar el revestimiento asfalto o asfalto. Este concepto suele basarse en el hecho de que si HMA (Hot Mix Asphalt) tiene una fuerte resistencia a la compresión, pero una débil resistencia a la tracción, Entonces se puede usar refuerzo para proporcionar resistencia. Para la resistencia a la tracción, la idea se tomó prestada del hormigón Portland reforzado (PCC) en inglés), debido a su enorme éxito. Los componentes del sistema Bitufor son:

#### Figura 1.

*Componentes del Sistema Bitufor*



Fuente: PRODAC (2015)

#### 2.2.5.1 Slurry seal (lechada asfáltica)

El sello líquido o lechada asfáltica es una mezcla líquida homogénea de agua, emulsiones bituminosas, áridos minerales y áridos de grano cerrado. Segunda mano equipos de mantenimiento y repavimentación, por ejemplo sellado superficial para evitar desniveles y grietas.

### 2.2.5.2 Mesh track (malla de refuerzo de acero)

Una red reforzada, llamada pista de malla, consta de láminas de malla doble urdimbre hexagonal, varios tamaños, refuerzo lateral alambres a intervalos regulares, ya sean redondos o planos par trenzado, inserte par trenzado. Además, la plantilla recubierto con Bezinal (Bekaert Zinc Aluminium, 95% Zinc 5% Alloy) aluminio) para evitar posibles oxidaciones y garantizar una mayor resistencia a corrosión.

#### Propiedades Físicas:

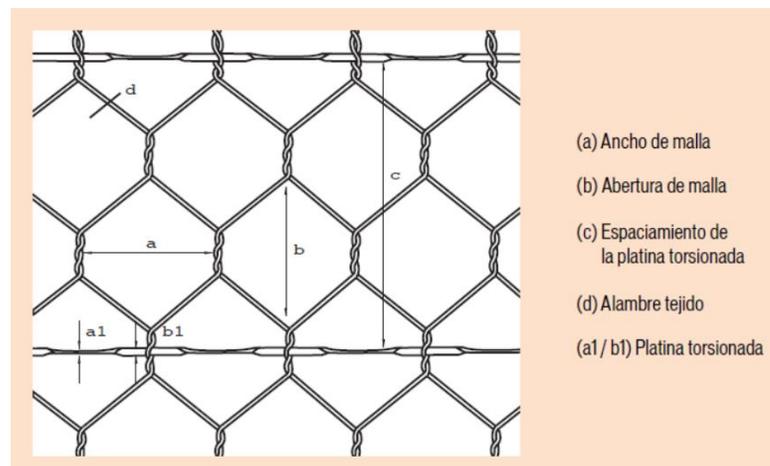
Malla de acero hexagonal más placa de torsión, de tamaño nominal  $80\pm 8\text{mm} \times 118\pm 14\text{mm}$  cuadrícula y diferencia de eje el alambre de refuerzo cruzado es de  $245\pm 20\text{ mm}$ .

El ancho estándar de la malla de acero es de 200, 300, 330,  $400\pm 8\text{ cm}$ , que puede ser

Según el proyecto vial (PRODAC, 2015)

#### Figura 2.

*Configuración de la malla mesh track para el sistema bituformtes del Sistema Bitufor*



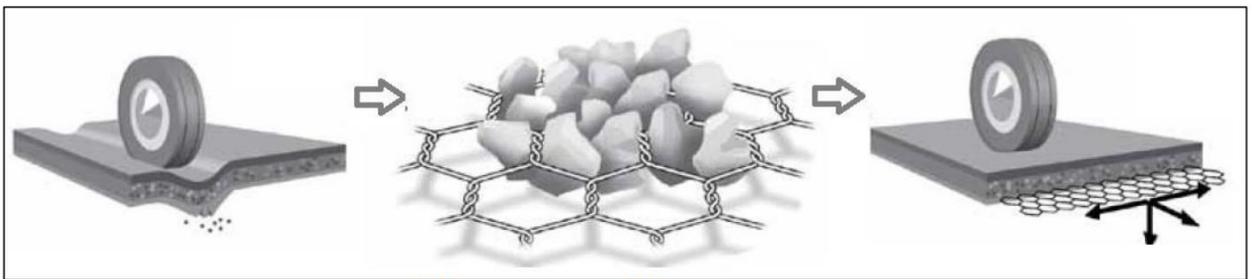
Fuente: PRODAC (2015)

### Propiedades Mecánicas:

Debido al intenso tráfico, las capas de la carretera se moverán y, al agregar una red de carreteras de malla, el paquete de construcción de carreteras aumenta su resistencia a las cargas y evita la deformación de la carretera.

### Figura 3.

*Propiedades mecánicas de la malla mesh track*



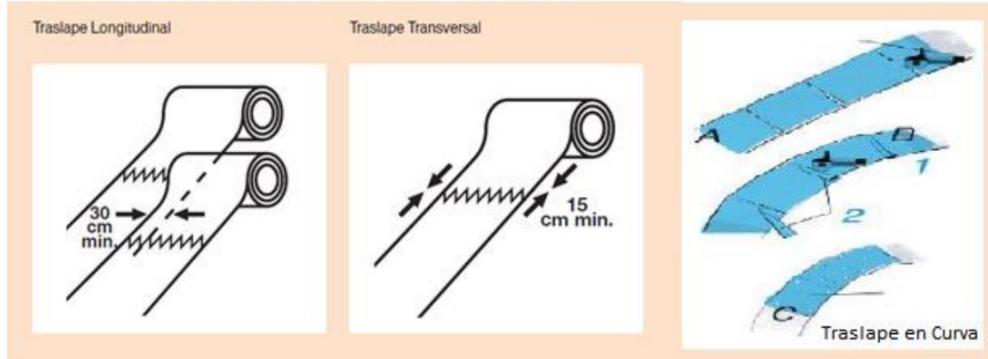
Fuente: PRODAC (2015)

### 2.2.6 Instalación del Sistema Bitufor

Una de las ventajas del sistema bitufor es su facilidad de uso e instalación, donde las capas estructurales, cimentación y base deben ser premoldeadas y compactadas de acuerdo a las especificaciones técnicas establecidas por el citado MTC. Se prepara la superficie inferior, se despliega el producto y se aplica una pista de cuadrícula (la curva de la cuadrícula hacia abajo, consulte la Figura 6-1) sobre toda la superficie para formar la superposición. Use un compactador neumático para nivelar la malla con la superficie de la capa base (vea la Figura 6-2), y la malla de refuerzo solo se puede unir con clavos (no a hilos gemelos o barras de refuerzo de malla) vea Figura 6-3. La longitud de superposición se muestra en la siguiente figura.

**Figura 4.**

*Longitudes de traslape de la Malla Mesh Track*



Fuente: PRODAC (2015)

Para evitar arrugas o pliegues durante la instalación, se recomienda estirar o tensar previamente la malla de alambre. No se debe permitir que los vehículos circulen por la red hasta que la red esté totalmente cubierta. Los vehículos de trabajo deben tener cuidado al realizar el trabajo y no deben frenar, acelerar o hacer giros bruscos en la rejilla, para no dañar y dañar la capa intermedia.

**Figura 5.**

*Instalación del sistema bitufo.*



Fuente: PRODAC (2015)

**CAPITULO III:**  
**MATERIALES Y MÉTODOS**

## CAPITULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

### 3.1 Enfoque de la Investigación

La investigación presenta un enfoque **Cuantitativo**. Sullivan (2009) y Reynolds (1980) consideran este enfoque a la evidencia empírica tomada de datos de la “realidad” es decir, de fenómenos que son observables y medibles en la naturaleza.

En este caso se realizó la recolección de datos partiendo de las características físicas y mecánicas existentes en la zona, como el estado superficial de la carpeta de rodadura, los estudios de tráfico vial y de mecánica de suelos; que se representaron numéricamente para realizar el diseño de pavimento flexible tradicional y con la inclusión del sistema bitufor.

### 3.2 Tipo de Investigación

El tipo de investigación es **Aplicada**, porque se realizó el diseño de pavimento flexible con el sistema bitufor y se analizó el comportamiento estructural del pavimento con el software WinDEPAV y además se hizo un análisis de costos unitarios, esto con el fin de obtener mejores resultados en comparación al diseño de un pavimento flexible tradicional, es decir, mejor distribución de esfuerzos, menores deformaciones y ahorro económico. Todo ello con el objetivo de dar solución al problema de deterioro del pavimento flexible de la zona.

### 3.3 Nivel de Investigación

Según el nivel de investigación es **Descriptiva**, porque se ejecutó un diagnóstico situacional del pavimento flexible de la Panamericana Norte entre Chimbote- Santa. Además, se describió las características de la zona mediante los estudios respectivos.

### 3.4 Diseño de Investigación

Según el diseño de investigación es **No Experimental** del tipo **transversal**, ya que los datos de campo se tomaron en un intervalo único de tiempo y además no hubo manipulación

de la variable independiente porque este hecho ya ha sucedido, es decir, la efectividad del sistema bitufor en el diseño de un pavimento flexible ya ha sido comprobado en otros estudios y proyectos ejecutados anteriormente.

### 3.5 Unidad de análisis

Cada kilómetro existente de la carretera Panamericana entre los distritos de Chimbote y Santa.

### 3.6 Ubicación

- **Región:** Ancash.
- **Provincia:** Santa.
- **Distrito:** Chimbote – Santa

### 3.7 Población y muestra

#### ➤ Población

- Se trabajó con una población finita: Pavimento flexible para la carretera Panamericana Norte, entre Chimbote - Santa

#### ➤ Muestra

##### **Tipo de muestreo:**

- **NO PROBABILÍSTICO:** Las muestras no se escogieron siguiendo un sistema aleatorio, lo que quiere decir que fueron escogidas intencionalmente.
- **CONVENIENCIA:** Se escogieron las muestras debido a que se tiene información disponible y conveniente de la muestra.

El presente trabajo de investigación, cuenta como muestra la sección de 6km, desde el km438+000 hasta el km444+000 de la carretera Panamericana Norte entre Chimbote - Santa.

### **Parámetros de selección:**

Al ser una muestra por conveniencia y no probabilística, se eligió esta debido a que abarcaba el pavimento flexible de los 3 distritos en estudio. Solo se requería concluir el estado actual del pavimento flexible por ello se trabajó en el diagnóstico del tramo en general de 6km de manera global y no en sub-tramos como normalmente se hace en mantenimientos de carreteras.

### **3.8 Variables**

Las variables a utilizar son las siguientes:

- Variable Independiente: El sistema bitufofor como medida sustentable
- Variable Dependiente: Diseño de pavimento flexible

### 3.9 Matriz de consistencia

**Tabla 15**

*Matriz de Consistencia*

<b>PROBLEMAS</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>
<b>PROBLEMA GENERAL</b>	<b>OBJETIVO GENERAL</b>	<b>HIPOTESIS GENERAL</b>	
¿Cuál será el diseño del pavimento flexible utilizando el sistema bitufor para ser una medida sustentable en la carretera Panamericana Chimbote – Santa, Ancash?	Realizar el diseño del pavimento flexible utilizando el sistema bitufor como medida sustentable en la carretera panamericana Chimbote-Santa, Ancash	La utilización del sistema bitufor será una medida sustentable en el diseño del pavimento flexible de la carretera Panamericana Chimbote - Santa, Ancash; debido a que generaría ahorro económico en los materiales y una mejor distribución de esfuerzos en cada capa del pavimento	Variable Dependiente: Diseño del pavimento flexible.  Variable Independiente: El sistema bitufor como medida sustentable
<b>PROBLEMAS ESPECIFICOS</b>	<b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b>	<b>HIPOTESIS ESPECIFICAS</b>	
¿Cuál es el estado actual de la estructura superficial de la carretera Panamericana norte desde el km 438+000 hasta el km 444+000?	Realizar un diagnóstico situacional actual de la carretera Panamericana norte desde el Km 438+000 hasta el 444+000	La estructura superficial de la carretera Panamericana norte desde el km 438+000 hasta el km 444+000 se encuentra en una condición crítica	
¿Cuáles son las características físicas, mecánicas y viales de la carretera en estudio?	Realizar los estudios básicos de ingeniería: estudio de tráfico y mecánica de suelos.	Realizar los estudios básicos de ingeniería es indispensable para realizar el diseño de pavimento flexible tradicional.	
¿Cuáles son los parámetros y condiciones de diseño de un pavimento flexible bajo el sistema bitufor?	Conocer el proceso de diseño de un pavimento flexible bajo el sistema bitufor	Diseñar el pavimento bajo el sistema bitufor (malla de acero + slurry seal) mejorara estructuralmente el pavimento flexible	
¿Cuáles son las diferencias económicas entre pavimento flexible tradicional y un pavimento flexible con aplicación del sistema bitufor?	Realizar la comparación entre el costo total de un pavimento flexible tradicional y un pavimento flexible con aplicación del sistema bitufor.	El diseño con sistema bitufor es más económico en comparación al diseño de pavimento flexible tradicional	

### 3.10 Operacionalización de variables.

**Tabla 16**

*Operacionalización de Variable: Diseño de Pavimento Flexible*

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICION	
<b>VARIABLE DEPENDIENTE</b>  <b>DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE</b>	Un pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. Estas estructuras estratificadas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras en el proceso de <u>exploración</u> , y que han de resistir adecuadamente los esfuerzos que las cargas repetidas del tránsito le transmite durante el período para el cual fue diseñada la estructura del pavimento. (Montejo,2002)	Se efectuara un diagnóstico del estado actual de la capa de rodadura; luego se <u>realizaran</u> los estudios básicos de topografía, estudios de tráfico y de suelos y por último se realizara el diseño de un pavimento flexible tradicional con el método AASHTO para luego evaluar esfuerzos, deformaciones y también el aspecto económico	<b>Diagnostico superficial</b>	Clasificación y cuantificación por tipo de deterioro o falla  Calificación condición superficial de pavimento	Guía de observación de deterioros y/o fallas en base al Manual de Carreteras mantenimiento o conservación vial (MTC)  Ficha técnica estándar del Manual de carreteras mantenimiento o conservación vial (MTC)	Nominal	
			<b>Trafico Vial</b>	Índice Medio Diario Anual (IMDA)  Ejes equivalentes (ESALs)	Ficha técnica estándar de conteo vehicular del MTC  AASHTO 1993		
			<b>Características mecánicas y físicas de la zona</b>	Suelos	Granulometría Contenido de Humedad Clasificación AASHTO y SUCS Límites de Atterberg Proctor Modificado CBR		Norma MTC E 107 Norma MTC E 108 NTP 1339.135/ ASTM D 2487 Norma MTC E 110 y MTC E 111 Norma MTC E 115 Norma MTC E 132
			<b>Técnica</b>	Parámetros de diseño necesarios por el AASHTO  Espesores capas de pavimento  Comportamiento estructural del pavimento	AASHTO 1993  AASHTO 1993  Software WinDEPAV		
			<b>Económica</b>	Metrados y presupuestos	Análisis de precios unitarios ( <u>S10</u> )		

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICION	
<b>VARIABLE INDEPENDIENTE</b>  <b>EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE</b>	<p>El sistema bitufor consiste en una malla de acero de refuerzo. en combinación con una capa de lechada asfáltica o <i>slurry seal</i> que se colocan antes de la colocación de un revestimiento bituminoso o carpeta asfáltica. Se utiliza este sistema para la reconstrucción o rehabilitación de pavimentos en mal estado (Prodac,2015)</p>	<p>Se identificarán los parámetros necesarios para conocer y realizar el diseño de pavimento flexible con el sistema bitufor; para luego comprobar si es un sistema sustentable en comparación con un diseño de pavimento flexible tradicional; esto se realizará a través de la evaluación de esfuerzos. deformaciones y el aspecto económico.</p>		<b>Técnica</b>	Parámetros de diseño necesarios del sistema bitufor Espesor carpeta de rodadura Comportamiento estructural del pavimento	Boletín informativo empresa Prodac Material bibliográfico Software WinDEPAV	Nominal
				<b>Económica</b>	Metrados y presupuestos	Análisis de precios unitarios ( <u>S10</u> )	

### **3.11 Instrumentos**

#### ***3.11.1 Manual de carreteras – Mantenimiento o conservación vial 2018 (MTC)***

##### **a. Guía de observación de deterioros / fallas**

Esta guía que esta validada por este manual del MTC, se utilizó para identificar los deterioros o fallas (estructurales y superficiales) existentes en la carpeta de rodadura en los tramos en los que se dividió la muestra. Se elaboraron varias de estas guías para cuantificar los deterioros o fallas y realizar un diagnóstico del estado superficial del pavimento flexible de la carretera entre Chimbote y Santa.

##### **b. Ficha técnica estándar para calificación por tipo de deterioro**

Esta ficha técnica que esta validada por este manual del MTC, es un formato que se utilizó para la calificación por tipo de deterioro o falla y en base a ello determinar la condición superficial del pavimento flexible

#### ***3.11.2 Ficha técnica estándar de conteo vehicular del MTC***

Esta ficha técnica realizada y validada por el MTC, nos muestra los vehículos livianos y pesados estándar que transitan por el territorio nacional. Se utilizó para el conteo vehicular (trafico vial) por un determinado número de días y en base a ello se calculó el IMDS y otros parámetros necesarios de diseño.

#### ***3.11.3 AASHTO Guide for Design of Pavement Structures / Diseño AASHTO 1993***

Este manual de diseño fue realizado por el “American Association of State Highway and Transportation Officials” un órgano de EE. UU encargado de establecer normas y especificaciones técnicas para carreteras y autopistas. En este caso se hizo uso del Manual de Carreteras- sección Suelos y Pavimentos del MTC, cuya metodología está basada en la de la institución antes mencionada. Se identificó los parámetros necesarios para el diseño.

### **3.11.4 Normas técnicas peruanas, normas MTC y ASTM**

#### **a. Norma MTC E 107**

Esta norma peruana describió la secuencia de pasos a tener en cuenta para realizar al análisis granulométrico de suelos mediante el tamizado de los mismos.

#### **b. Norma MTC E 108**

Esta norma describió el procedimiento y cálculo para determinar el contenido de humedad de una muestra determinada de suelo, expresado en porcentaje.

#### **c. NTP 1339.135 / ASTM D 2487**

Se utilizó esta norma técnica peruana y el reglamento inglés, donde se indica el procedimiento para la clasificación de suelos con los sistemas AASHTO y SUCS, respectivamente. Esta clasificación se basó en los datos de la granulometría y de los límites de Atterberg como lo mencionan estos reglamentos.

#### **d. Normas MTC E 110 y MTC E 111**

Estas normas describen el procedimiento para ejecutar los ensayos de límite líquido y límite plástico de los suelos, conocidos habitualmente como límites de consistencia o límites de Atterberg.

#### **e, Norma MTC E 115**

Esta norma describió los pasos para realizar el ensayo Proctor Modificado con los materiales y equipos debidos, y a su vez como calcular los parámetros importantes de este ensayo: el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca de un suelo.

#### **f. Norma MTC E 132**

Esta norma definió los pasos para realizar el ensayo California Bearing Ratio (CBR) y con esto se obtuvo la capacidad de soporte de un suelo, que fue un parámetro fundamental en el diseño de los espesores del pavimento flexible.

### ***3.11.5 Software***

#### **a. WinDEPAV**

Este software se utilizó para realizar el diseño de un pavimento flexible tradicional y otro con la incorporación del sistema bitufor, además permitió visualizar el comportamiento estructural del diseño de pavimento ante la acción de cargas y otras condiciones de frontera.

#### **b. S10 – Costos y presupuestos**

Se utilizó este software para la elaboración de metrados y presupuestos en base a un análisis de precios unitarios elaborado de acuerdo a materiales y equipos utilizados en la realidad. Además, se utilizó para realizar la comparación respectiva de costos entre ambos diseños.

### ***3.11.6 Boletín informativo empresa PRODAC***

Prodac es la primera empresa en Perú fabricante de alambre y sus derivados, se utilizó una ficha técnica elaborada de esta empresa donde nos indica las especificaciones técnicas de la malla de acero de refuerzo (mesh track) y del slurry seal.

### ***3.11.7 Material bibliográfico***

Se utilizó material bibliográfico digital para obtener información adicional especialmente del sistema bitufor en el diseño de pavimentos flexible.

## **3.12 Procedimientos**

### ***3.12.1 Procedimiento realizado para el diagnóstico superficial de la carretera***

- Se elaboraron las guías de observación en base al modelo del “Manual de Carreteras - Mantenimiento o Conservación Vial”, además se consignó información adicional como:

número de guía de observación, progresiva de la falla, la fecha del recorrido, lugar de referencia y el tipo de pavimento.

- Se hizo el traslado hacia la zona en estudio, tomando como inicio del recorrido la progresiva km 444+000 en la ciudad de Santa.
- Conforme se avanzaba en el trayecto, se identificaba los deterioros y/o fallas (estructurales y superficiales) que presentaba la carpeta de rodadura en determinado punto.

### **Figura 6.**

*Identificación de falla Piel de cocodrilo en la ciudad de Santa*



- Se realizó el registro de los deterioros y/o fallas en las guías de observación junto con los datos mencionados anteriormente y se tomó fotos en los tramos y áreas más afectada del pavimento, esto también sirvió para definir nuestra muestra. El recorrido culminó en la progresiva km 438+000 en Chimbote.
- Finalmente se cuantificó las fallas y se realizó un diagrama de barras tanto para deterioros estructurales como para deterioros superficiales para determinar cuáles fueron las que

tuvieron mayor incidencia y así se analizó las causas probables de la aparición de esas fallas o deterioros sobre el pavimento asfáltico.

### Figura 7.

*Registro de deterioro o falla estructural en guía de observación*

<b>Guía de Observación</b>	
Carretera: Panamericana Norte	Nº Guía: 12
Progresiva: km 442 + 650	Fecha: 23 – 02 - 2022
Tipo de Pavimento: Pavimento Flexible	Sentido: Coishco
<b>1. Deterioro o Falla Estructural</b>	
<b>a. Piel de Cocodrilo</b>	
• Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto	<input type="checkbox"/>
• Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto	<input checked="" type="checkbox"/>
• Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto	<input type="checkbox"/>

#### 3.12.2 Procedimiento realizado para el estudio de tráfico

- **Conteo vehicular**

Se realizó el conteo vehicular por un periodo de siete (07) días y en ambos sentidos de la calzada de la carretera Panamericana Norte, Dado el gran tráfico existente, el punto elegido se ubicó a la altura del “Puente Coishco” en la progresiva km 443+ 800, en el centro poblado de Coishco. El conteo se realizó con la ficha técnica estándar de conteo vehicular del Ministerio de Transportes y Comunicaciones y con esto se halló el IMDS para vehículos pesados (6598.7) y ligeros (2689.1).

**Figura 8.**

*Conteo vehicular con la ficha técnica del MTC en Coishco*



**Tabla17**

*Vehículos ligeros y pesados para el conteo vehicular*

<b>Tipo de Vehículo</b>	<b>Configuración Vehicular</b>
Vehículos Ligeros	Autos
	S.Wagnon
	Panel
	Rural
	Micros
Omnibus	2E
	3E
	4E
Camión	2E
	3E
	4E
Semitraylers	2S1
	2S2
	2S3
	3S1
	3S2
Traylers	≥ 3S3
	2T2
	2T3
	3T2
	≥ 3T3

- **IMDA actual**

El IMDA es la suma del producto del IMDS de vehículos ligeros y pesados por sus respectivos factores de corrección estacional. Estos factores fueron tomados de la estación de peaje “Vesique” ya que es el más cercano al lugar de nuestra investigación y se tomaron los correspondientes al mes de febrero (mes del conteo), dando valores de 0.6992 y de 0.7587 para vehículos ligeros y pesados, respectivamente.

Finalmente se obtuvo un IMDA de 4613 veh/día (ligeros) y 2039 veh/día (pesados).

- **IMDA proyectado**

El valor de “n” se consideró igual a 5 (criterio propio).

Los valores de tasa anual de crecimiento del tránsito por tipo de vehículo “r”, se extrajeron del reporte del INEI (Instituto Nacional de Estadística e Informática) emitido en abril del 2022, donde se tuvo para unidades ligeras una tasa de aumento del 5.1% y en unidades pesadas un aumento del 3.0%. Con estos valores y con el valor de IMDA previamente ya calculado se halló el valor del IMDA proyectado con un valor de 7923 veh/día.

- **Cálculo de los ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado**

El paso previo para iniciar el diseño de pavimento flexible como tal, consistió en obtener los ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado (EE día-carril):

El valor de  $IMD_{pi}$  se obtuvo multiplicando el IMDA actual del vehículo por el factor E.E, dicho factor se obtiene con la tabla de la relación de cargas por eje (cuadro del MTC) y de la tabla de pesos y medida vehiculares información también emitida por el MTC. En esta última tabla se indica el peso por eje de cada vehículo dependiente si es eje simple, tandem o tridem.

### **3.12.3 Procedimiento efectuado en los Estudios de Mecánica de suelos - Ensayos de laboratorio**

#### **3.12.3.1 Puntos de exploración**

Para determinar las propiedades mecánicas de los tipos de suelos encontrados, se establecieron 6 puntos de exploración. La técnica de exploración utilizada (RNE E-050) fueron las calicatas. Se realizaron 2 calicatas en Chimbote (C-1 y C-4), 2 en Coishco (C-3 y C-5) y 2 en Santa (C-2 y C-6), todo esto dentro del área del kilometraje en investigación. Las calicatas tuvieron un área de 2.00m x 1.50m y profundidad aproximada de 1.50m

#### **3.12.3.2 Ensayos: Determinación del contenido de humedad del suelo (MTC E108)**

Procedimiento:

- Se tomaron 3 taras (o recipientes), se nombraron T1, T2 y T3 respectivamente. Se pesaron y se registraron estos valores (PT).
- Se tomó una determinada muestra de suelo que se colocó en cada tara conocida, se calculó y registro el peso de cada tara más la muestra húmeda (PMHT).
- Se introdujeron las taras con las muestras en ellas dentro de un horno de secado a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C, durante un periodo 24 horas. Este tiempo fue menor en algunas muestras de suelos arenosos como las de Chimbote y Coishco, pero nunca menor de 16 horas.
- Se retiraron las taras del horno y se dejó enfriar por 30 min para su fácil manejo, se pesó y se registró los valores de tara más muestra seca (PMST) para el cálculo respectivo. Todo este proceso se realizó para las muestras de las 6 calicatas hechas en campo.

Cálculos:

El porcentaje de humedad se calculó de acuerdo a la siguiente relación:

**Ecuación 6:** Ecuación contenido de humedad

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

$$W = \frac{P_{MHT} - P_{MST}}{P_{MST} - P_T} \times 100$$

Con los siguientes valores:

504.76 = Peso de la tara más el suelo húmedo, en gramos.

500.54 = Peso de la tara más el suelo secado en horno, en gramos.

92.68 = Peso de la tara, en gramos.

4.22 = Peso del agua en gramos.

407.86 = Es el Peso de las partículas sólidas en gramos.

1.03 = es el porcentaje de humedad resultante

### Figura 9

*Peso de tara y muestra humedad para el secado en horno*



### 3.12.3.3 Análisis granulométrico de suelos por tamizado. (MTC E 107)

Procedimiento:

- Se tomó una muestra aproximada de 500 gr en suelos arenosos, arcillosos y limosos y de 2000 gr en suelos gravosos. Este peso mínimo requerido para el ensayo de análisis granulométrico se tomó del manual de ensayo y materiales del MTC.

**Tabla 18**

*Pesos mínimos de muestra para el análisis granulométrico*

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (g)
9,5 (3/8")	500
19,6 (3/4")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

Fuente: MTC, Manual de ensayo de materiales (2016, p. 45)

- Se secó esta muestra en un horno a una temperatura constante de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ . Luego se retiró del horno y se calculó este peso seco
- En algunos casos fue necesario lavar la muestra por la presencia notable de finos. La muestra previamente secada en el horno se lavó a través de la malla #200 hasta que el agua que pasaba por la malla fuera visualmente cristalina. Se separó con cuidado la muestra que no pasó esta malla con una cuchara, y se colocó en el horno para luego calcular su peso luego de 24 horas. Lo que paso la malla #200 fue deducido mediante la resta del peso inicial seco menos el peso seco de lo que no paso la malla #200.

- Seleccionar y limpiar la serie de mallas a utilizar. Para pedir un tamiz, inserte la muestra de suelo en el tamiz desde la parte superior y ajuste la tapa para evitar la pérdida de material.
- Se inicia el proceso de tamizado y luego se pesa la muestra de suelo que queda en cada tamiz para realizar los cálculos correspondientes.
- Cálculos.

La tasa de retención para cada tamiz se calcula como:

**Ecuación 7:** Ecuación tasa de retención

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

Se calcula el mejor porcentaje. Porcentaje acumulado menos 100% retenido por tamiz.

**Ecuación 8:** Ecuación porcentaje acumulado

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

### Figura 10

*Proceso de tamizado de la muestra de suelo*



### **3.12.3.4 Determinación del límite líquido de los suelos. (MTC E 110)**

Procedimiento:

- Se tomó una determinada muestra de suelo que estuviese visiblemente seca y se tamizó por la malla N° 40, tomando 300 gr de la muestra pasante de esta malla.
- Se trabajó con pequeñas muestras con un peso constante de 60 gr, a las cuales se les añadió una cantidad diferida de agua y se mezcló de tal manera que estas no estuviesen demasiada seca ni muy húmedas para el ensayo.
- Se colocó la primera muestra húmeda en la Copa de Casagrande ya calibrada, y se hizo una abertura con el ranurador.
- Se accionó la Copa a razón de 2 golpes por segundo hasta que muestra cerrase en 1.3 cm, luego se extrajo una parte del suelo y se registró el peso de tara más muestra húmeda.
- Con agua destilada se varió la humedad de otra muestra preparada, esto para aumentar o disminuir el número de golpes. Se registraron los pesos correspondientes
- Se tomaron 3 muestras que estuviesen en el intervalo de 15 - 25, 20 - 30 y 25 - 35 golpes respectivamente.
- Se colocó la muestra en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °C y una vez seco, luego se pesó el suelo seco más recipiente. Esto se realizó para las 3 muestras.
- Se calcularon los valores de contenido de humedad, y luego se realizó el grafico “curva de fluidez” que representaba al número de golpes en el eje x, y los % de humedad en el eje y , se representaron y unieron los puntos correspondientes y se interseco con la recta  $x = 25$  golpes, el punto de intersección dio el % de humedad o limite liquido del suelo.

## Figura 11

*Ensayo de Limite Liquido con la Copa Casagrande*



- Cálculos

Se calculó el contenido de humedad de acuerdo a la siguiente formula:

**Ecuación 9:** Ecuación contenido de humedad

$$W\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \dots \dots \dots (13)$$

Con los siguientes datos:

4.02 Peso de agua presente en la masa de suelo, en gramos ( $W_w$ )

16.05: Peso seco de los sólidos, en gramos ( $W_s$ )

25.05: Contenido de Humedad resultante de la primera muestra ( $W\%$ )

Nº golpes: 34

Para el cálculo del límite líquido se obtuvieron además los siguientes datos:

26.28: Contenido de Humedad resultante de la segunda muestra

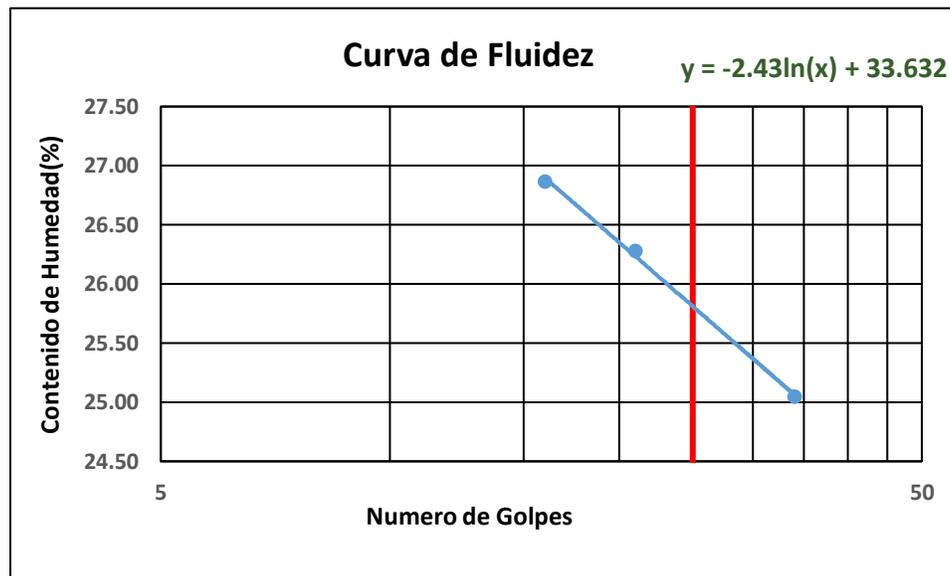
N° golpes: 21

26.87: Contenido de Humedad resultante de la tercera muestra

N° golpes: 16

### Figura 12

Gráfico “curva de fluidez” para determinar el límite líquido



#### 3.12.3.5 Determinación del límite plástico (LP) de los suelos e índice de plasticidad (IP). (MTC E 111)

Procedimiento:

- De la muestra de suelo utilizada en las pruebas para determinar el límite líquido, utilice 20 gramos para determinar el límite plástico.
- Se elija muestras de 3 a 6 gramos.
- Se hizo rodar la porción de la muestra entre la palma de la mano y una superficie lisa que fue en este caso un vidrio esmerilado y así fuera perdiendo humedad con los minutos.

- Se forma un rollo del mismo diámetro a lo largo de toda la longitud. El diámetro del rollo es de aproximadamente 3,15 cm.
- Finalmente, el rollo se coloca en un recipiente de peso conocido, que luego se pesa y se obtiene para dar cuenta del contenido de humedad en esta prueba. El peso de los rollos debe ser de al menos 6 gramos..
- Cálculos

El límite plástico es el contenido de humedad promedio de las dos muestras ensayadas. Se define como un porcentaje numérico aproximado de humedad y se calcula de la siguiente manera:

**Ecuación 10:** Limite Liquido

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

El índice de plasticidad del suelo se puede definir como la diferencia entre el límite líquido y plástico del suelo.

**Ecuación 11:** Índice Plástico

$$I.P. = L.L. - L.P$$

Donde:

L.L= Limite Líquido

L.P= Limite Plástico.

L.L y L.P., Son números enteros.

### **Figura 13**

*Ensayo para determinar el límite plástico*



#### **3.12.3.6 Compactación de suelos en laboratorio manejando una energía reformada (Proctor modificado). (MTC E 115)**

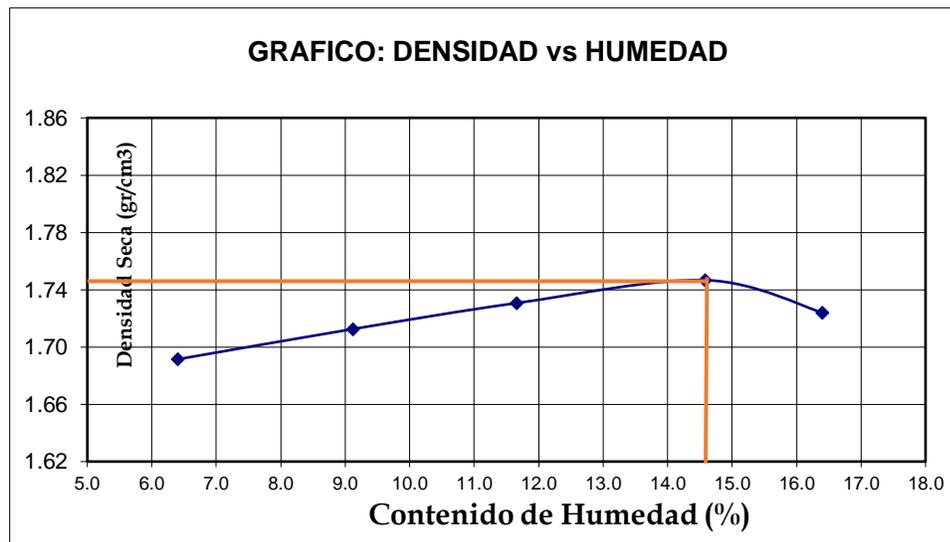
##### Procedimiento

- La muestra de suelo se tamiza a través de un tamiz de 3/8", 3/4", No. 4 mallas para determinar el método de compactación A, B o C y la forma utilizada.
- Las muestras se colocaron en recipientes de aluminio y se les dio diferentes porcentajes de humedad.
- El material se comprime en el molde. Disponga el material en cinco (5) capas con veinticinco (25) o cincuenta y seis (56) pasadas por capa dependiendo del tipo de moho y suelo.

- Asegúrese de que cada golpe alcance la altura máxima de caída y que la superficie de contacto con la cara del martillo esté intacta. También debe asegurarse de que la altura de la última capa detrás del borde del formulario no sea superior a 6 mm..
- Cuando se completa la compactación, se retira el anillo superior y se nivela con una hoja que cumpla con las condiciones del proceso. Si se cae mucho, cúbralo con material.
- Una vez se ha enrasó el molde, este se retira de su placa base y se registró su peso.
- El material fue retirado del molde, para cada uno de los ensayos se tomaron 2 muestras para determinar el contenido de humedad.

#### Figura 14

*Grafico densidad seca vs humedad optima (%)*



- Cálculos.

La densidad húmeda se calcula de la siguiente manera:

### Ecuación 12: Densidad Humedad

$$\rho_m = 1000 \frac{(M_t - M_{md})}{V}$$

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}}$$

Donde:

$\rho_m$  = Densidad húmeda del espécimen compactado (kg/m<sup>3</sup>).

$M_t$  = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)

$M_{md}$  = Masa del molde de compactación (kg)

$V$  = Volumen del molde de compactación (kg)

La densidad seca se calcula de la siguiente manera:

### Ecuación 13. Peso unitario seco

$$\gamma_d = 62.43 \rho_d \text{ en } \frac{\text{lb}_f}{\text{pie}^3} \dots\dots\dots (17)$$

$$\gamma_d = 9.807 \rho_d \text{ en } \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$\gamma_d$  = Peso unitario seco del espécimen compactado.

### Figura 15

*Ensayo para determinar el grado de compactación*



### 3.12.3.7 CBR de suelos en el laboratorio. (MTC E 132)

#### Procedimiento

- Por cada calicata se preparó 3 muestras de 5kg, se halló la humedad natural del suelo y se añadió a cada muestra de 5kg el porcentaje de humedad necesario para llegar al optimo contenido de humedad de acuerdo al ensayo Proctor Modificado.
- Se calculo el área, el volumen y el peso de la figura. Luego monte el compactador y asegúrese de que el compactador esté en una superficie nivelada, sin pendientes ni desniveles.
- Los discos de aislamiento se colocan sobre la base perforada y tienen instalado un filtro para evitar que la tierra se adhiera a los discos de aislamiento durante la compactación.
- Se llevó a cabo el proceso de compactación en los tres moldes en cinco capas y a 55,26 y 12 golpes respectivamente, luego se retiró el anillo superior del molde y se enraso la muestra. Del material sobrante se tomó dos muestras para determinar el porcentaje de contenido de humedad.
- Luego, la máquina se coloca en un compresor multifuncional automático controlado por computadora con una presión que no excede los 4,5 kg, el cilindro de perforación se presiona contra la muestra y el proceso de compresión comienza a una velocidad de perforación de 1,27 mm por minuto. un minuto.
- Para terminar, se registraron las profundidades para elaborar la curva de carga vs penetración.
- Cálculos.

presión de humedad Por debajo del contenido normal de humedad del suelo, la proporción de agua que se agregará hasta que el suelo alcance el contenido de humedad predeterminado se calcula de la siguiente manera:

**Ecuación 14:** Porcentaje de agua añadido

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

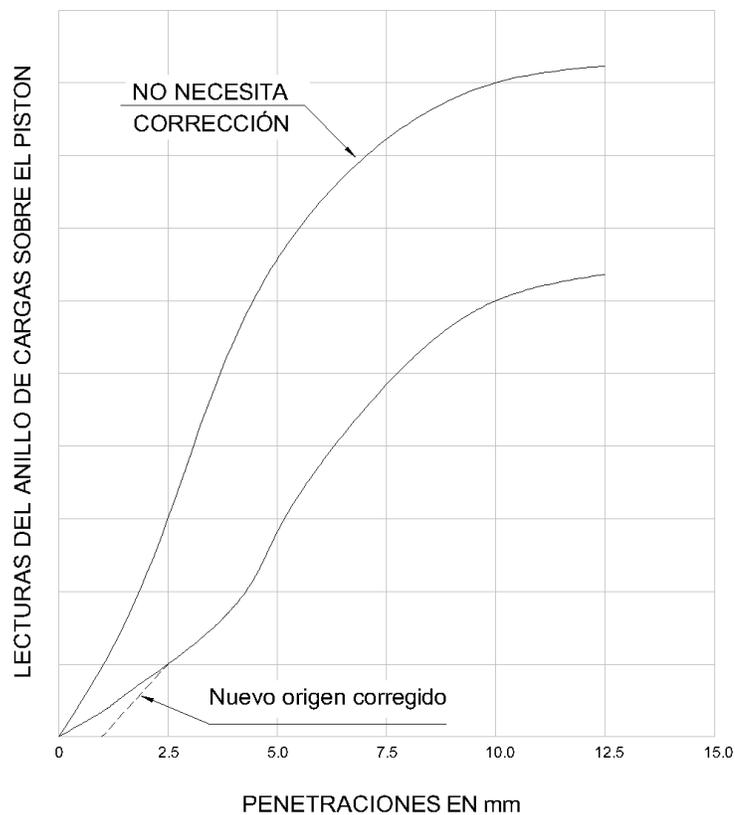
Donde:

H = Humedad prefijada.

h = Humedad natural

**Figura 16**

*Órbita para procesamiento de datos de índice de CBR*



Fuente: MTC, Manual de ensayo de materiales (2016, p.256)

El índice del CBR se obtiene de la siguiente manera:

**Ecuación 15.** Cálculo de CBR

$$CBR = \frac{C1}{CE} \times 100$$

Donde:

CBR= Índice de CBR

C1= Carga obtenida en lb/plg<sup>2</sup>

CE= Carga Estándar en lb/plg<sup>2</sup>

Las características de la muestra estándar son las siguientes:

**Tabla 19**

*Tipologías de la Muestra Patrón CBR*

Penetración			Presión	
Mm	Pulgadas	MN/m <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
2.54	0.10	6.90	70.31	1.00
5.08	0.20	10.35	105.46	1.50

Fuente: MTC, Manual de Ensayos de Materiales (2016, p. 255)

**Figura 17**

*Máquina para determinar la penetración del CBR*



#### **3.12.4 Procedimiento efectuado en el diseño de pavimento flexible tradicional**

- **Cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes 8.2Tn**

Siguiendo los lineamientos del método AASHTO, para obtener el número de repeticiones de ejes equivalentes 8.2Tn ( $N^{\circ} \text{rep EE } 8.2\text{Tn}$ ), se utiliza la siguiente ecuación matemática:

$$N^{\circ} \text{ rep EE } 8.2\text{Tn} = \Sigma \text{EE día} - \text{carril} \times Fca \times 365$$

En donde:

- $\Sigma$  EE día-carril: Ejes equivalentes por cada tipo de vehículo pesado
- Fca: Factor de crecimiento acumulado
- 365: Número de días del año

- **Identificación y determinación de las variables de diseño del método AASHTO 93**

Se utilizó la siguiente ecuación básica para el diseño de la estructura del pavimento flexible.

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.0$$

Se identificaron las variables:

W<sub>18</sub>: Numero de repeticiones de EE de 8.2 Tn

Z<sub>R</sub>: Coeficiente estadístico de desviación estándar normal

S<sub>0</sub>: Desviación estándar combinada

ΔPSI: Variación de serviciabilidad

M<sub>R</sub>: Modulo resiliente (hallado en base al % CBR obtenido de los ensayos de laboratorio)

## Tabla 20

*Valores de módulo resiliente en base al %CBR*

CBR % Sub Rasante	Modulo resiliente Sub Rasante (Mr) PSI	Modulo resiliente Sub Rasante (Mr) PMPA
6	8,043.00	55.45
7	8,877.00	61.20
8	9,669.00	66.67
9	10,426.00	71.88
10	11,153.00	76.90
11	11,854.00	81.73
12	12,533.00	86.41
13	13,192.00	90.96
14	13,833.00	95.38
15	14,457.00	99.68
16	15,067.00	103.88
17	15,663.00	107.99
18	16,247.00	112.02

**Fuente:** MTC, Sección suelos y pavimentos (2014, p. 122)

Estas variables, una vez identificadas, se determinaron directamente mediante tablas proporcionadas por el método guía AASHTO 1993. También se determinaron indirectamente otras variables no presentes en la ecuación general de diseño de pavimento flexible, pero que eran parte del diseño como lo fueron: confiabilidad (%R), serviciabilidad inicial ( $P_i$ ) y final ( $P_f$ ), tipo de tráfico ( $T_{pi}$ ) y número de etapas (Etapas).

- **Cálculo del número estructural propuesto**

Usando los factores de diseño y drenaje, el número de diseño recomendado calculado se convierte en el espesor efectivo de cada capa de pavimento (capa de desgaste, capa base y capa base), para lo cual las pautas AASHTO 93 definen la siguiente fórmula matemática:

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

En donde:

- $a_1, a_2, a_3$ : Coeficientes estructurales de las capas: capa de rodadura, base y sub-base, respectivamente.
- $d_1, d_2, d_3$ : Espesores (en centímetros) de las capas: capa de rodadura, base y sub-base, respectivamente.
- $m_2, m_3$ : Coeficientes de drenaje para las capas de base y sub-base, respectivamente

### ***3.12.5 Procedimiento efectuado en el diseño de pavimento flexible con el sistema bitufo***

Una vez definidos los espesores del pavimento flexible, utilizando la guía AASHTO 93, recomendado por el ministerio de transportes y comunicaciones, se diseñó el mismo pavimento flexible bajo el sistema bitufo, disminuyendo el espesor de la capa de rodadura en un 20% (beneficio característico del sistema) .Se evaluó el comportamiento estructural de tres sistemas diferentes: a) Pavimento flexible tradicional, b) Pavimento flexible + sistema bitufo y c) Pavimento flexible + sistema bitufo – 20% reducción de carpeta de

rodadura, y se hizo la evaluación correspondiente. Para la evaluación se utilizó el software WinDEPAV donde se hizo el ingreso de datos para evaluar el comportamiento estructural de cada una de las capas del pavimento flexible: carpeta de rodadura, sistema bitufor (para el modelo 2 y 3), base y subbase y la capa que recibe a todas estas capas adyacentes es decir la subrasante.

Los primeros datos para ingresar en el software son el: nombre del proyecto y el número de capas básicamente y elegir el modelo de carga

## Figura 18

*Interfaz e ingreso de datos en el software WinDEPAV*

WinDepav 2.6 (con DOSBox 0.74) por Luis Ricardo Vásquez Varela, M.Sc.

Archivo DEPAV Acerca de

Descripción del proyecto (no use comas)  
 DISEÑO PAVIMENTO FLEXIBLE TRADICIONAL + SISTEMA BITUFOR, TRAMO CHIMBOTE - COISHCO

Número de capas  
 2  3  4  5  6

Archivo: \_\_\_\_\_

Estructura y criterios de evaluación de comportamiento por fatiga y ahuellamiento

Capa	E (kgf/cm <sup>2</sup> )	v	h (cm)	Liga	Daño por tensión			Daño por compresión		
					C*k1*(1/E)^k3	k2	N esperado	k4	k5	N esperado
1	15300	0.35	15	<input type="checkbox"/>						
2	2040000	0.35	1	<input checked="" type="checkbox"/>						
3	3350	0.30	30	<input checked="" type="checkbox"/>						
4	1515	0.40	35	<input checked="" type="checkbox"/>						
5	500	0.50		<input checked="" type="checkbox"/>						

Carga en la superficie del pavimento

Seleccionar modelo de carga

Radio del área de contacto (cm) 10.80  
 Distancia entre ruedas (cm) 32.40  
 Presión de contacto (kgf/cm<sup>2</sup>) 5.594

**IMPORTANTE:** Para el correcto funcionamiento de WinDEPAV es necesario que el sistema operativo reconozca el punto (.) como símbolo decimal y la coma (,) como separador de listas.

Este programa requiere el software DOSBox para funcionar en sistemas operativos de 64 bits.

Escriba al correo electrónico: [ingepav@gmail.com](mailto:ingepav@gmail.com), si requiere algún tipo de asistencia en el uso de WinDEPAV.

Luis Ricardo Vásquez Varela, 2018.

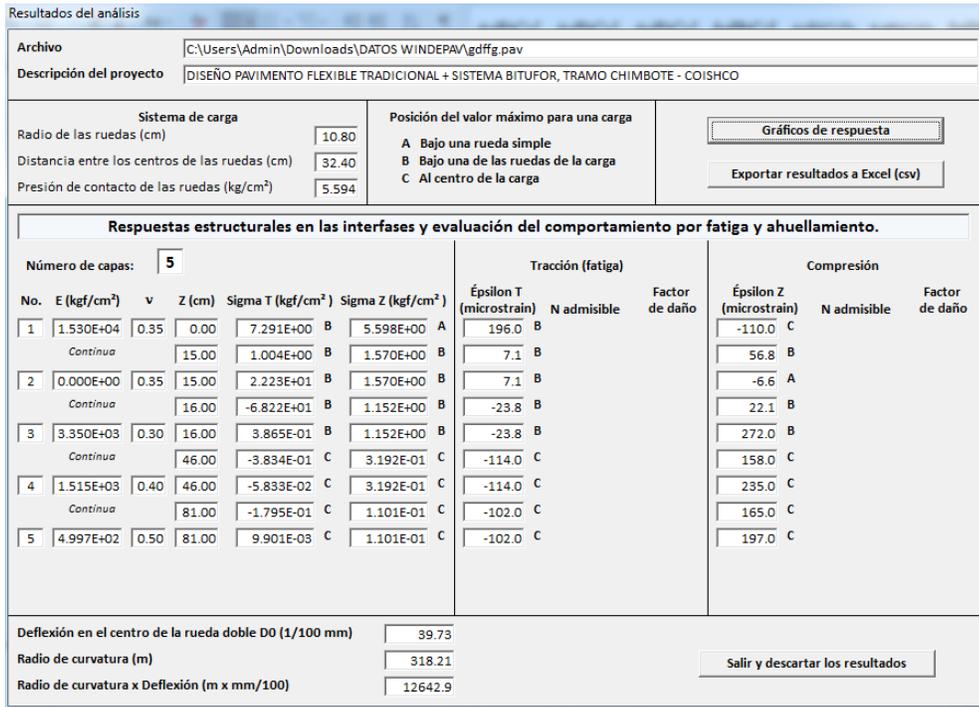
Se ingresaron datos adicionales al programa, como el módulo de elasticidad de las capas, el módulo de Poisson de las mismas, espesor total del sistema bitufor entre la malla metálica y slurry seal (1cm) y la altura de las capas que conforman la estructura de pavimento. Lo

datos del sistema bitufor fueron proporcionados por fichas técnicas de la empresa Prodac Perú. Esta información fue ingresada al programa en mención y los resultados y el análisis fueron registrados posteriormente.

Asimismo en cuanto al modelo de carga se añaden datos como el radio del área de contacto (cm), la distancia entre ruedas (cm) y la presión de contacto (kgf/cm<sup>2</sup>), para todos los casos fue necesario convertir las unidades extraídas de las diversas fuentes a las unidades exigidas por el programa WinDEPAV. Luego del ingreso de los datos en su totalidad solo se hace correr el programa y se procede al análisis del comportamiento estructural del pavimento.

**Figura 19**

*Esfuerzos y deformaciones para pavimento Chimbote - Coishco*



### 3.12.6 Procedimiento efectuado para el análisis económico bajo el sistema bitufor

En base a los diseños de pavimento flexible realizados, se realizó el análisis de precios unitarios en el software S10 y en base a ello se realizó la comparación de costos para

verificar la viabilidad económica del proyecto propuesto. La pavimentación de la carretera considera un ancho de calzada de 7.20m. Se evaluó el aspecto económico de tres sistemas diferentes: de pavimento flexible tradicional, de pavimento flexible + sistema bitufor, y pavimento flexible + sistema bitufor – 20% reducción de carpeta de rodadura y se hizo la evaluación correspondiente.

## Figura 20

### *Precios unitarios para carpeta asfáltica de 12cm*



Análisis de precios unitarios	
010304020416 (1101001 01)	Jornada = 8
CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 12CM	
Productividad por m2:	0.0480 hh      0.0000 hm.hp
Rendimiento DIA:	1,500.0000      0.00
Precio Unitario:	m2      S/41.53
	Mano de Obra      0.74
	Materiales      37.95
	Equipos      2.84
	Subcontratos      0.00
	Subpartidas      0.00
Descripción Recurso	
MEZCLA ASFALTICA	
TRANSPORTE DE MEZCLA ASFALTICA	
HERRAMIENTAS MANUALES	
PLANCHA COMPACTADORA VIBRATORIA 5.8 H.P	
RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 127 HP 8-23 TON	
RODILLO TANDEM ESTATICO AUTOPROPULSADO 58-70 HP 8-10 TON	
PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 69 HP 10-16'	
OPERARIO	
OFICIAL	
PEON	

# CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

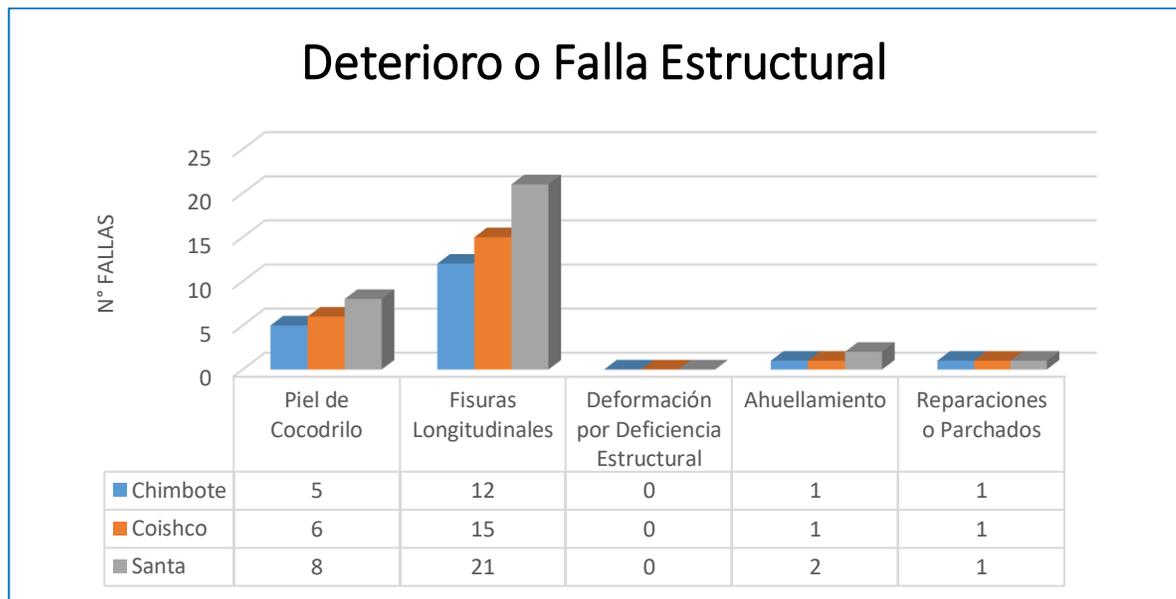
## IV CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Análisis e interpretación de resultados

#### 4.1.1 Diagnóstico del estado actual de la carretera

**Figura 21**

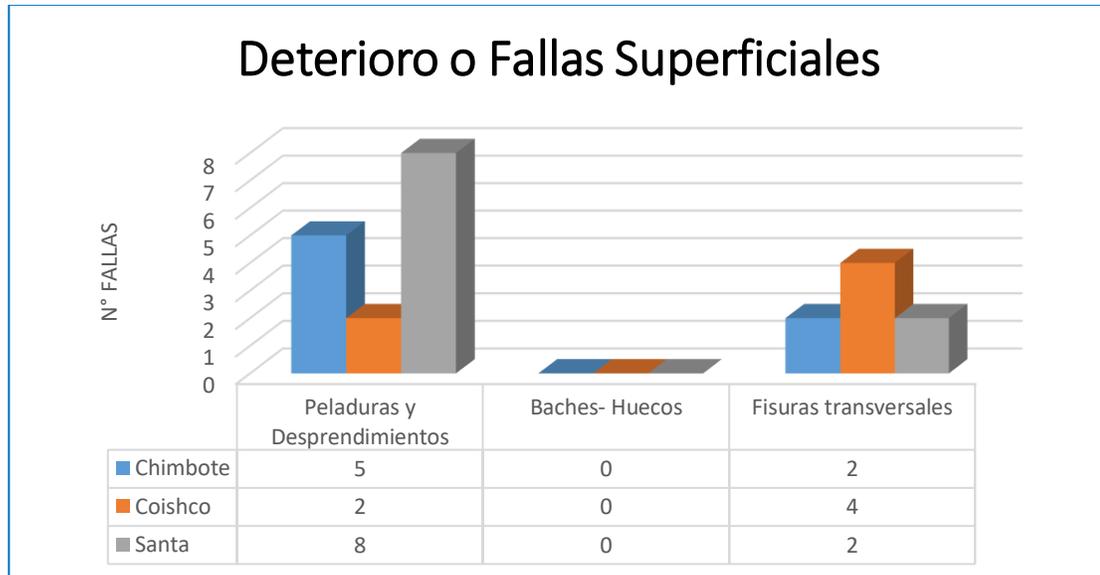
*Deterioro o Falla Estructural*



En el siguiente gráfico se presenta el resumen de los datos recopilados con la guía de observación de las fallas estructurales, donde se puede ver que en los tres distritos la falla más evidente son las fisuras longitudinales de ancho  $> 1\text{mm}$  y  $\leq 3\text{mm}$ , con una mayor incidencia (43.75%) en la ciudad de Santa, seguida por la presencia de Piel de cocodrilo de malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) con mayor incidencia en la misma ciudad (42.10%). Esto se puede deber a la repetición de cargas además que en la cercanía a esta ciudad hay zonas de humedales y de sembrado de arroz lo cual con el paso de tiempo debilita la estructura del pavimento desde las capas inferiores siendo esto indicativo de insuficiencia estructural.

**Figura 22**

*Deterioro o Falla Superficial*



En el siguiente grafico se presenta el resumen de los datos recopilados con la guía de observación de las fallas superficiales, donde se puede ver que en los tres distritos la falla más evidente es la de peladuras y desprendimientos con una mayor incidencia (53%) en la ciudad de Santa seguida por la presencia de fisuras transversales gruesas ramificadas de ancho  $> 3$  mm con mayor incidencia (50%) en el centro de la ciudad de Coishco. Estas últimas pueden deberse a la reflexión de grietas de las capas inferiores del pavimento flexible o a la retracción térmica de la mezcla asfáltica.

**En base a este diagnóstico es necesario la elaboración de un diseño de pavimento flexible con un sistema que retarde en el tiempo la aparición de deterioros estructurales y superficiales, prolongue la vida útil del pavimento, reduzca los costos de mantenimiento y en consecuencia de esto sea económico.**

#### 4.1.2 Estudio de Mecánica de Suelos

##### ➤ Granulometría

**Tabla 21**

*Porcentaje de Material Grueso y Fino en cada Calicata*

LUGAR	ITEM	% GRAVAS (3" - #4)	% ARENAS (#4 - #200)	% FINOS ( < #200)
CHIMBOTE	C-1	0.14	91.32	8.54
	C-4	14.37	81.95	3.68
COISHCO	C-3	23.78	75.64	0.58
	C-5	8.78	90.28	0.94
SANTA	C-2	0.00	40.05	59.95
	C-6	0.00	47.55	52.45

##### ➤ Contenido de Humedad

**Tabla 22**

*Valores de Contenido de Humedad*

LUGAR	ITEM	% HUMEDAD
CHIMBOTE	C-1	20.90
	C-4	0.99
COISHCO	C-3	0.83
	C-5	6.42
SANTA	C-2	14.56
	C-6	9.33

##### ➤ Límites de Atterberg

**Tabla 23**

*Valores de limite líquido, limite plástico e índice plástico*

LUGAR	ITEM	LIMITE LIQUIDO	LIMITE LIQUIDO	INDICE PLASTICO
CHIMBOTE	C-1	No Plastico	No Plástico	No Plastico
	C-4	No Plastico	No Plastico	No Plastico
COISHCO	C-3	No Plastico	No Plastico	No Plastico
	C-5	No Plastico	No Plastico	No Plastico
SANTA	C-2	24.85	15.66	9.19
	C-6	25.81	15.87	9.94

➤ **Clasificación SUCS y AASHTO**

**Tabla 24**

*Tipos de suelos en base a SUCS y AASHTO*

LUGAR	ITEM	SUCS	AASHTO
CHIMBOTE	C-1	SP	A-3 (0)
	C-4	SP	A-3 (0)
COISHCO	C-3	SP	A-1b (0)
	C-5	SP	A-1b (0)
SANTA	C-2	CL	A-4 (5)
	C-6	CL	A-4 (4)

➤ **Proctor Modificado y CBR**

**Tabla 25**

*Valores de Máxima Densidad Seca, Optimo % Humedad y CBR*

LUGAR	ITEM	MAX. DEN. SECA	OPTIMO % HUMEDAD	%CBR
CHIMBOTE	C-1	1.75	14.50	13.20
	C-4	1.64	14.10	13.00
COISHCO	C-3	2.09	9.80	14.00
	C-5	2.06	9.06	13.50
SANTA	C-2	1.90	11.00	5.20
	C-6	1.92	10.80	5.80

### 4.1.3 Estudio de tráfico vehicular

#### ➤ Determinación del IMDS y IMDA

Para ver cuadro detallado de conteo vehicular ver **Anexo 1 – Conteo Vehicular ligero y pesado**. Se obtuvieron los siguientes resultados:

**Tabla 26**

*Resumen cálculo del IMDS y IMDA*

PARAMETROS	TIPO DE VEHICULOS		TOTAL
	VEHICULO LIGERO	VEHICULO PESADO	
IMDS	6598.7	2689.1	9287.8
Fe	0.6992	0.7587	
IMDA	4613	2039	6652

El índice medio diario semanal (IMDS), obtenido del conteo vehicular en la zona de estudio es de 9,288 vehículos/día.

El índice medio diario anual (IMDA), obtenido en la zona de estudio es de 6,652 vehículos/día, es así como, la carretera de la zona de estudio se clasifica según su demanda (DG-2018) en una Autopista de Primera Clase, de calzadas divididas por medio de una separación central de 6.00 m; cada uno de las calzadas debe contar con dos o más carriles de 3.60 m de ancho como mínimo, con control total de accesos que proporcionan flujos vehiculares continuos, sin cruces o pasos a nivel y con puentes peatonales en zonas urbanas.

➤ **Determinación del IMDA proyectado**

**Tabla 27**

*Índice medio diario anual proyectado (IMDAp)*

PARAMETROS	TIPO DE VEHICULOS		TOTAL
	VEHICULO LIGERO	VEHICULO PESADO	
IMDA	4613	2039	6652
r	5.10	3.00	
n	5	5	
IMDAp	5628	2295	7923

El IMDA proyectado es de 7,923 veh/día, para n =5 años de proyección a la ejecución del proyecto

**4.1.4 Diseño de pavimento flexible tradicional**

➤ **Ejes equivalentes por cada tipo de vehículo ligero y pesado**

Para la carretera en estudio, con una calzada y dos sentidos (un carril por sentido), se obtienen los siguientes resultados globales para los Ejes Equivalentes de vehículos ligeros y pesados (EE día-carril). **Ver Anexo 2 – Calculo de Ejes Equivalentes.**

**Tabla 28**

*Ejes equivalentes vehículos ligeros y pesados*

TIPO DE VEHICULO	$\Sigma$ EJES EQUIVALENTES	$\Sigma$ EE día-carril
Vehículos ligeros	12.51137302	17224.6168
Vehículos Pesados	17212.10542	

➤ **Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes 8.2Tn**

Tomando en cuenta solamente los ejes equivalentes de los vehículos pesados, con una tasa de crecimiento anual de 3.00 % y un periodo de diseño de 20 años, se obtuvieron los siguientes resultados.

**Tabla 29**

*Cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes 8.2Tn*

Tasa anual de crecimiento Vehículos pesados	r:	3.00 %
Tiempo de vida útil de pavimento (años)	n:	20
Factor direccional x factor carril	(Fd x Fc)	0.25
Factor Fca vehículos pesados	$Factor Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r}$	Fca 26.87
Número de repeticiones de ejes equivalentes (ESAL)		
$N^{\circ} rep EE 8.2Tn = \Sigma EE dia - carril x Fca x 365$	ESAL	27 104 543

➤ **Cálculo del Número Estructural Propuesto**

Para realizar un análisis profundo se dividió la muestra en dos secciones por motivos que en el estudio de suelos los CBR calculados disciernen mucho entre sí.

**Tabla 30**

*Resumen de valores CBR de los puntos de exploración en estudio*

LUGAR	ITEM	CBR	CBR Prom.
CHIMBOTE	C1	13.20	13.43
	C4	13.00	
COISHCO	C3	14.00	5.50
	C5	13.50	
SANTA	C2	5.20	5.50
	C6	5.80	

**CHIMBOTE – COISHCO (CBR: 13.43%)**

**Tabla 31**

*Variables y cálculo del número estructural propuesto (SN).*

VARIABLES	SIMBOLO	VALOR
Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento	ESAL(W18)	27,104,543.00
Suelo de la subrasante	CBR	13.43 %
Módulo de resiliencia de la subrasante	MR (psi)=	13386.158
Tipo de tráfico	Tipo:	TP14
Número de etapas	Etapas:	1
Nivel de confiabilidad	R	95%
Coefficiente estadístico de desviación estándar normal	ZR	-1.645
Desviación estándar combinado	So	0.45
Índice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico	Pi	4.20
Índice de serviciabilidad final según rango de tráfico	Pt	3
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico	$\Delta$ PSI	1.2
Numero Estructural Propuesto	SN	5.530

➤ **Cálculo de los Espesores del Pavimento Flexible**

**Tabla 32**

*Variables y cálculo de los espesores del pavimento flexible*

ESTRUCTURA	COEFICIENTE	SIMBOLO	VALOR
<b>CAPA DE RODADURA</b>	Estructural (/cm)	a1	0.170
	Espesor (cm)	d1	15.00
<b>BASE</b>	Estructural (/cm)	a2	0.054
	Espesor (cm)	d2	30.00
	Drenaje	m2	1

<b>SUB-BASE</b>	Estructural (/cm)	a3	0.047
	Espesor (cm)	d3	35.00
	Drenaje	m3	1
<b>NUMERO ESTRUCTURAL</b>	NUMERO ESTRUCTURAL	SN	5.530
	NUMERO ESTRUCTURAL PROPUESTO	SNR	5.815

**SANTA (CBR: 5.50%)**

**Tabla 33**

*Variables y cálculo del número estructural propuesto (SN).*

VARIABLES	SIMBOLO	VALOR
Cargas de tráfico vehicular impuestos al pavimento	ESAL(W18)	27,104,543.00
Suelo de la subrasante	CBR	5.50 %
Módulo de resiliencia de la subrasante	MR (psi)=	7527.26
Tipo de tráfico	Tipo:	TP14
Número de etapas	Etapas:	1
Nivel de confiabilidad	R	95%
Coficiente estadístico de desviación estándar normal	ZR	-1.645
Desviación estándar combinado	So	0.45
Índice de serviciabilidad Inicial según rango de tráfico	Pi	4.2
Índice de serviciabilidad final según rango de tráfico	Pt	3
Diferencial de serviciabilidad según rango de tráfico	$\Delta$ PSI	1.2
Numero Estructural Propuesto	SN	6.652

## Cálculo de los Espesores del Pavimento Flexible

**Tabla 34**

*Variables y cálculo de los espesores del pavimento flexible*

ESTRUCTURA	COEFICIENTE	SIMBOLO	VALOR
<b>CAPA DE RODADURA</b>	Estructural (/cm)	a1	0.170
	Espesor (cm)	d1	20.00
<b>BASE</b>	Estructural (/cm)	a2	0.054
	Espesor (cm)	d2	35.00
	Drenaje	m2	1
<b>SUB-BASE</b>	Estructural (/cm)	a3	0.047
	Espesor (cm)	d3	40.00
	Drenaje	m3	1
<b>NUMERO ESTRUCTURAL</b>	NUMERO ESTRUCTURAL	SN	6.652
	NUMERO ESTRUCTURAL PROPUESTO	SNR	7.170

### **4.1.5** *Diseño de Pavimento Flexible con el sistema bitufo*

Una vez que se determina el espesor del pavimento flexible, utilice las pautas AASHTO 93 recomendadas por el Departamento de Transporte y Comunicaciones para crear el mismo

pavimento flexible utilizando el sistema bitufor, que reduce el espesor de la capa de desgaste en un 20 % (la ventaja de la propiedad es el sistema). Para evaluar y verificar su comportamiento se realizó un análisis de disipación de carga utilizando WinDEPAV (software de diseño). Para estas evaluaciones se identificaron tres modelos de pavimento flexible con los siguientes parámetros:

### **CHIMBOTE – COISHCO (CBR: 13.43%)**

**Tabla 35**

*Variables y cálculo de los espesores del pavimento flexible*

CAPA ESTRUCTURAL	ESPEORES (CM)		
	MODELO 1: PFT	MODELO2: PFT + SB	MODELO 3: PFT + SB - 20%
<b>CAPA DE RODADURA</b>	15.00	15.00	12.00
<b>SISTEMA BITUFOR</b>	0.00	1.00	1.00
<b>BASE</b>	30.00	30.00	30.00
<b>SUB - BASE</b>	35.00	35.00	35.00

En donde:

- PFT: Pavimento flexible tradicional, determinado mediante guía AASHTO 93.
- PFT+SB: Pavimento flexible tradicional, agregado el sistema bitufor, manteniendo los espesores.
- PFT+SB-20%: Pavimento flexible, agregado el sistema bitufor, disminuyendo el espesor de la capa de rodadura en 3cm (20%).

### **SANTA (CBR: 5.50%)**

**Tabla 36**

*Variables y Cálculo de los Espesores del Pavimento Flexible*

CAPA ESTRUCTURAL	ESPESOR		
	MODELO 1: PFT	MODELO 2: PFT + SB	MODELO 3: PFT + SB - 20%
CAPA DE RODADURA	20.00	20.00	16.00
SISTEMA BITUFOR	0.00	1.00	1.00
BASE	35.00	35.00	35.00
SUB - BASE	40.00	40.00	40.00

En donde:

- PFT: Pavimento flexible tradicional, determinado mediante guía AASHTO 93.
- PFT+SB: Pavimento flexible tradicional, agregado el sistema bitufor, manteniendo los espesores.
- PFT+SB-20%: Pavimento flexible, agregado el sistema bitufor, disminuyendo el espesor de la capa de rodadura en 4cm (20%).

**4.1.6 Comparación de los diseños propuestos**

Para poder utilizar el software se requieren ciertas propiedades de los materiales que componen la estructura de pavimento flexible, tales como:

**Tabla 37**

*Propiedades Mecánicas de las capas de pavimento*

CAPA ESTRUCTURAL	MODULO DE ELASTICIDAD (Kg/cm <sup>2</sup> )	RELACION DE POISSON
CARPETA DE RODADURA	15,300.00	0.35
SISTEMA BITUFOR	2,040,000.00	0.35
BASE	3,350.00	0.30

<b>SUB-BASE</b>	1,515.00	0.45
<b>SUB RASANTE</b>	500.00	0.50

**Tabla 38**  
*Parámetros de diseño de carga sobre el pavimento*

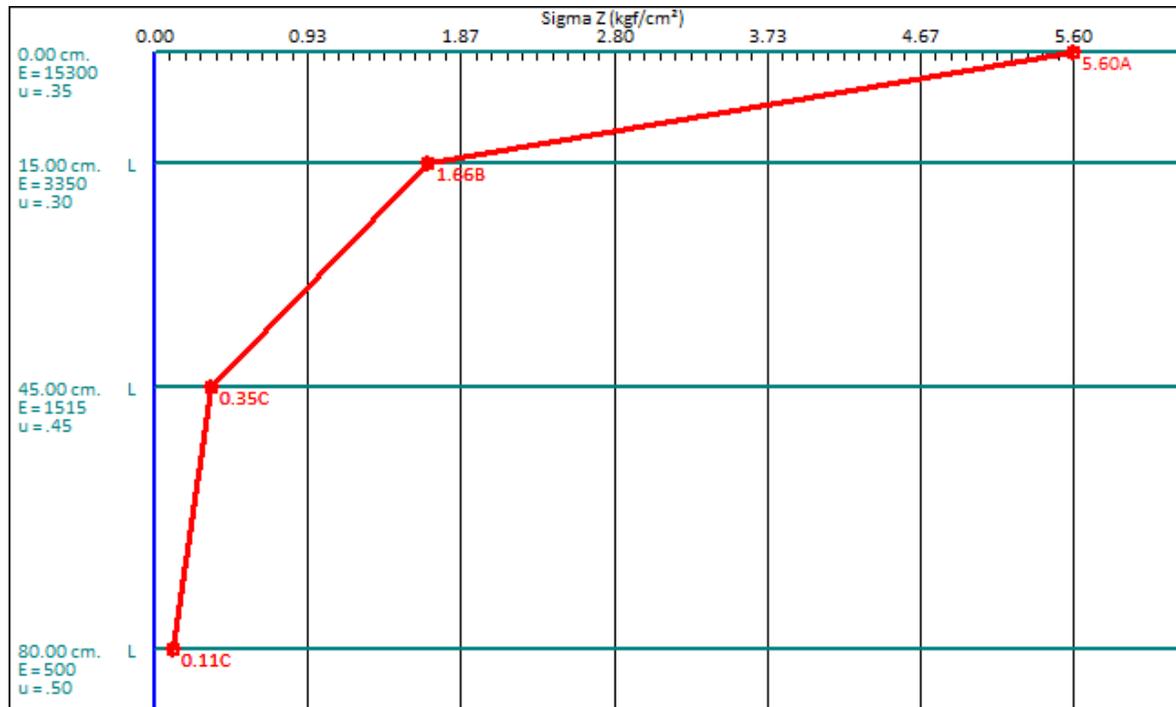
<b>LONGITUD ENTRE RUEDAS</b>	<b>0.324</b>	<b>m</b>
RADIO	0.108	m
CARGA	10000	Kg
AREA DE CONTACTO	1800	cm <sup>2</sup>
q	5.60	Kg/cm <sup>2</sup>

**CHIMBOTE – COISHCO (CBR: 13.43%)**

**ESFUERZOS (Kgf/cm<sup>2</sup>)**

**Figura 23**

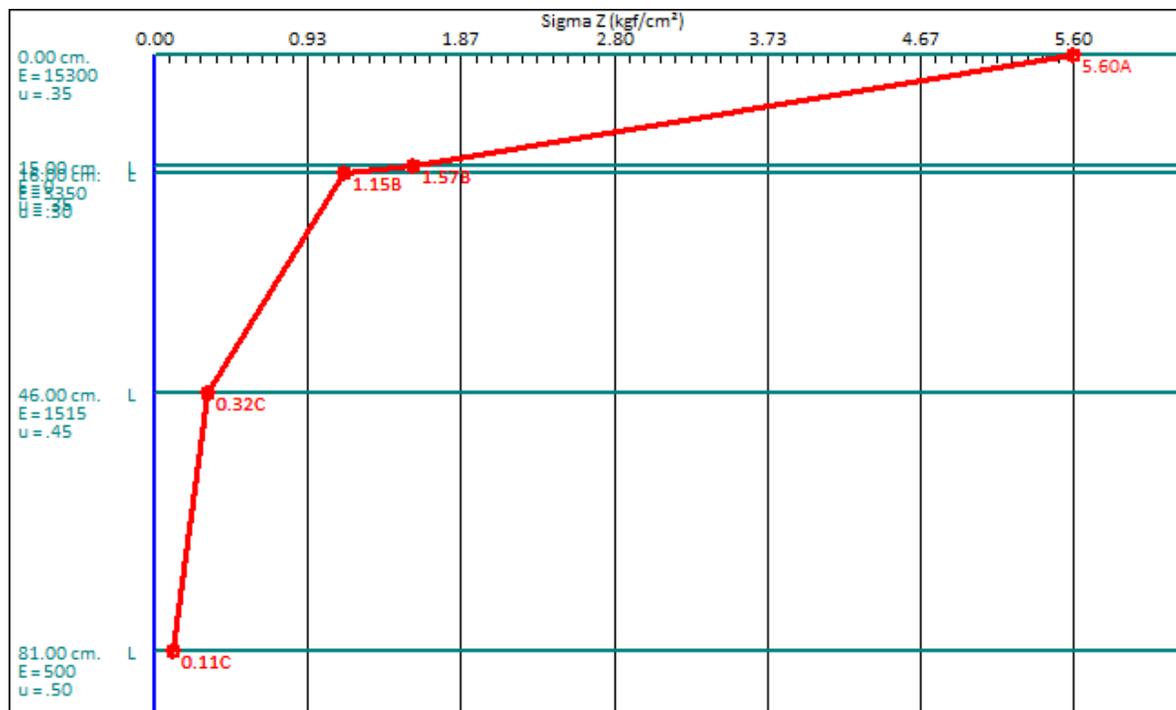
*Modelo 1: Pavimento Flexible Tradicional*



Aquí podemos visualizar al Pavimento Flexible Tradicional en la muestra segmentada Chimbote - Coishco que fue sometido a una carga inicial de 5.60 kgf/cm<sup>2</sup>, motivo por el cual tenemos una lectura en la carpeta de rodadura igual a 5.60 kgf/cm<sup>2</sup> la cual se va disipando, obteniendo una lectura de 1.66 kgf/cm<sup>2</sup> en la parte superior de la capa de base granular, sigue disipándose entre la base y la sub-base con una carga de 0.35 kgf/cm<sup>2</sup>, para tener una lectura final de 0.11 kgf/cm<sup>2</sup> en la subrasante.

**Figura 24**

*Modelo 2: Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor*

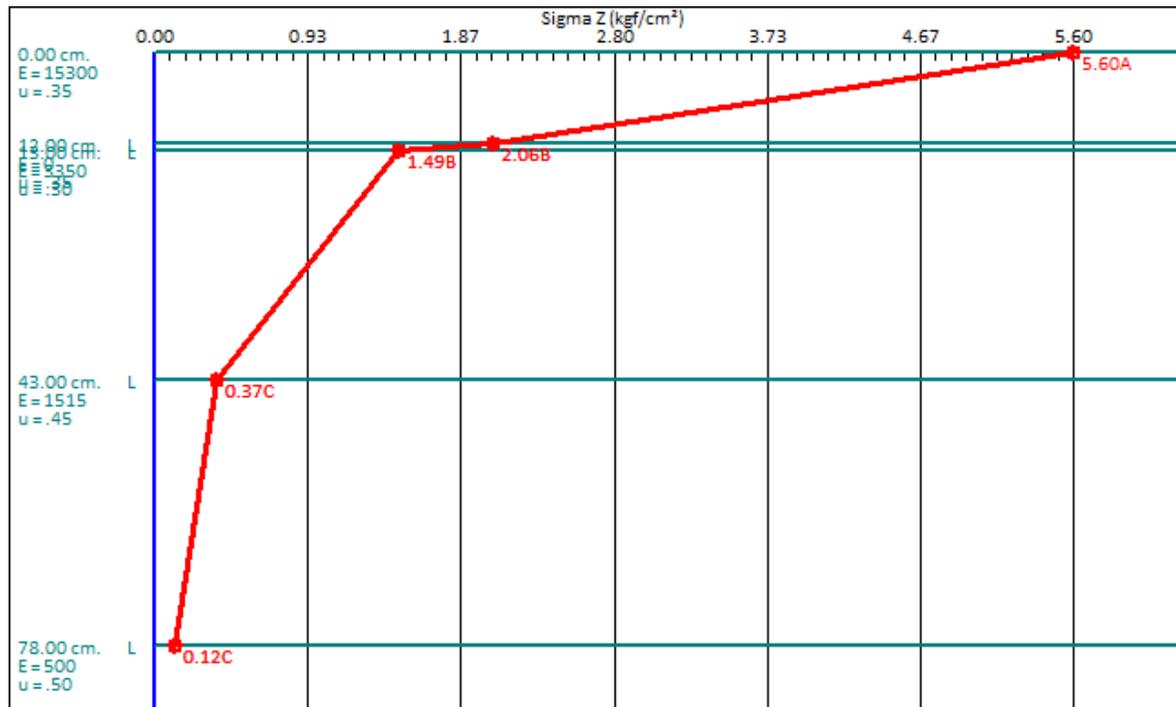


Aquí podemos visualizar al Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor en la muestra segmentada Chimbote - Coishco que fue sometido a una carga inicial de 5.60 kgf/cm<sup>2</sup>, motivo por el cual tenemos una lectura en la carpeta de rodadura igual a 5.60 kgf/cm<sup>2</sup> la

cual se va disipando, obteniendo una lectura de 1.57 kgf/cm<sup>2</sup> entre la carpeta de rodadura y el sistema bitufo, sigue disipándose entre el sistema bitufo y la base granular y llega a la parte superior de esta con una carga de 1.15 kgf/cm<sup>2</sup>, entre la base y la sub-base se obtiene una lectura equivalente a 0.32 kgf/cm<sup>2</sup>, para tener una lectura final de 0.11 kgf/cm<sup>2</sup> en la subrasante.

**Figura 25**

*Modelo 3: Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufo – 20% de espesor Carpeta Asfáltica*



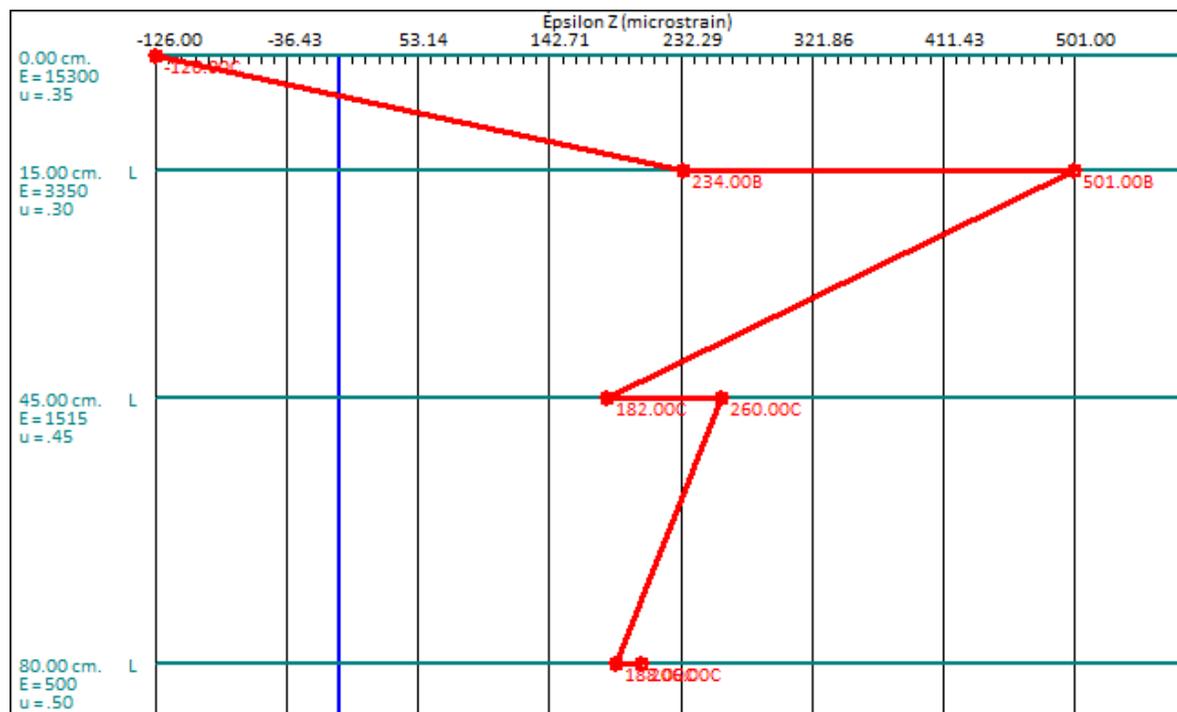
Aquí podemos visualizar al Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufo – 20% de Carpeta Asfáltica en la muestra segmentada Chimbote - Coishco que fue sometido a una carga inicial de 5.60 kgf/cm<sup>2</sup>, motivo por el cual tenemos una lectura en la carpeta de rodadura igual a 5.60 kgf/cm<sup>2</sup> la cual se va disipando, obteniendo una lectura de 2.06

kgf/cm<sup>2</sup> entre la carpeta de rodadura y el sistema bitufo, sigue disipándose obteniendo entre el sistema bitufo y la base granular y llega a la parte superior de esta con una carga de 1.49 kgf/cm<sup>2</sup>, entre la base y la sub-base se obtiene una lectura equivalente a 0.37 kgf/cm<sup>2</sup>, para tener una lectura final de 0.12 kgf/cm<sup>2</sup> en la subrasante.

### DEFORMACIONES ( 1 microstrain = 10<sup>-6</sup> mm )

**Figura 26**

*Modelo 1: Pavimento Flexible Tradicional*

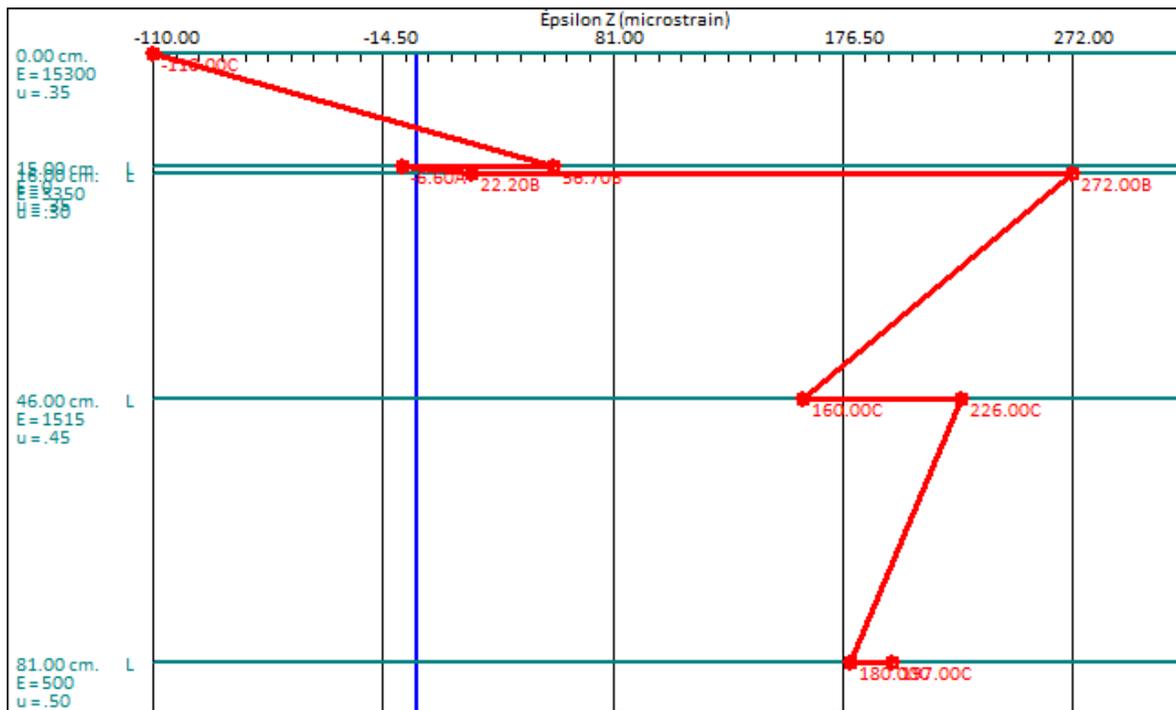


Aquí podemos visualizar al Pavimento Flexible Tradicional en la muestra segmentada Chimbote - Coishco que debido al sometimiento de la carga inicial de 5.60 kgf/cm<sup>2</sup>, se tiene una lectura de deformación “negativa” en la carpeta de rodadura (pequeño bombeo) igual a 126 x10<sup>-6</sup> mm, la cual luego de la distribución de esfuerzos llega a la parte superior de la capa de base granular con un valor de 501 x10<sup>-6</sup> mm. Los esfuerzos se siguen disipando y por ello la deformación también por lo que en la capa de subbase esta toma un

valor de  $260 \times 10^{-6}$  mm, para finalmente llegar a la subrasante con un valor de  $206 \times 10^{-6}$  mm, Como dato adicional de software la estructura en su totalidad sufre una deflexión vertical hacia abajo de 0.4346 mm, esto ocurre en el centro de la rueda doble.

**Figura 27**

*Modelo 2: Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor*

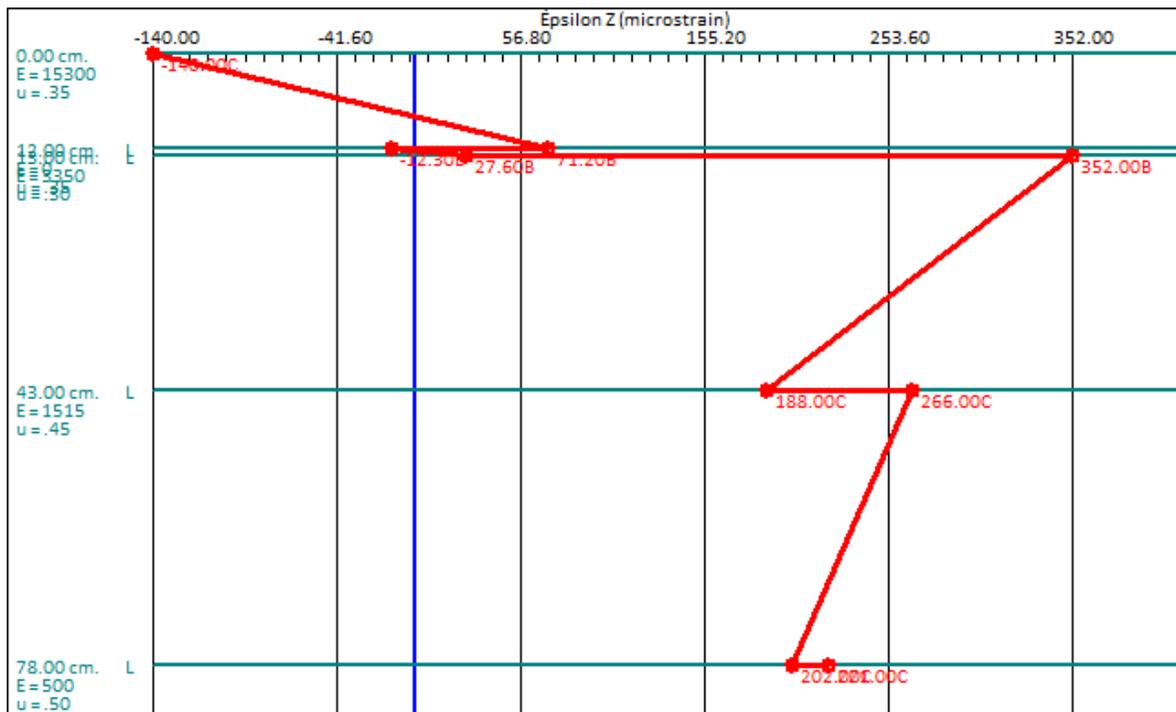


Aquí podemos visualizar al Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor en la muestra segmentada Chimbote - Coishco que debido al sometimiento de la carga inicial de 5.60 kgf/cm<sup>2</sup>, se tiene una lectura de deformación negativa en la carpeta de rodadura (pequeño bombeo) igual a  $110 \times 10^{-6}$  mm, la cual luego de la distribución de esfuerzos llega a la parte superior del sistema bitufor con un valor negativo (pequeño bombeo) de  $6.6 \times 10^{-6}$  mm. La deformación sobre la parte superior de la capa de base granular toma un valor de  $272 \times 10^{-6}$  mm. Los esfuerzos se siguen disipando y por ello la deformación también por lo que en la capa de subbase esta toma un valor de  $226 \times 10^{-6}$  mm, para

finalmente llegar a la subrasante con un valor de  $197 \times 10^{-6}$  mm, Como dato adicional de software la estructura en su totalidad sufre una deflexión vertical hacia debajo de 0.3992 mm, esto ocurre en el centro de la rueda doble.

**Figura 28**

*Modelo 3: Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor – 20% de Carpeta Asfáltica*



Aquí podemos visualizar al Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor -20% Carpeta asfáltica en la muestra segmentada Chimbote - Coishco que debido al sometimiento de la carga inicial de  $5.60 \text{ kgf/cm}^2$ , se tiene una lectura de deformación negativa en la carpeta de rodadura (pequeño bombeo) igual a  $140 \times 10^{-6}$  mm, la cual luego de la distribución de esfuerzos llega a la parte superior del sistema bitufor con un valor negativo (pequeño bombeo) de  $12.3 \times 10^{-6}$  mm. La deformación sobre la parte superior de la capa de base granular toma un valor de  $352 \times 10^{-6}$  mm. Los esfuerzos se siguen disipando y por ello la deformación también por lo que en la capa de subbase esta toma un

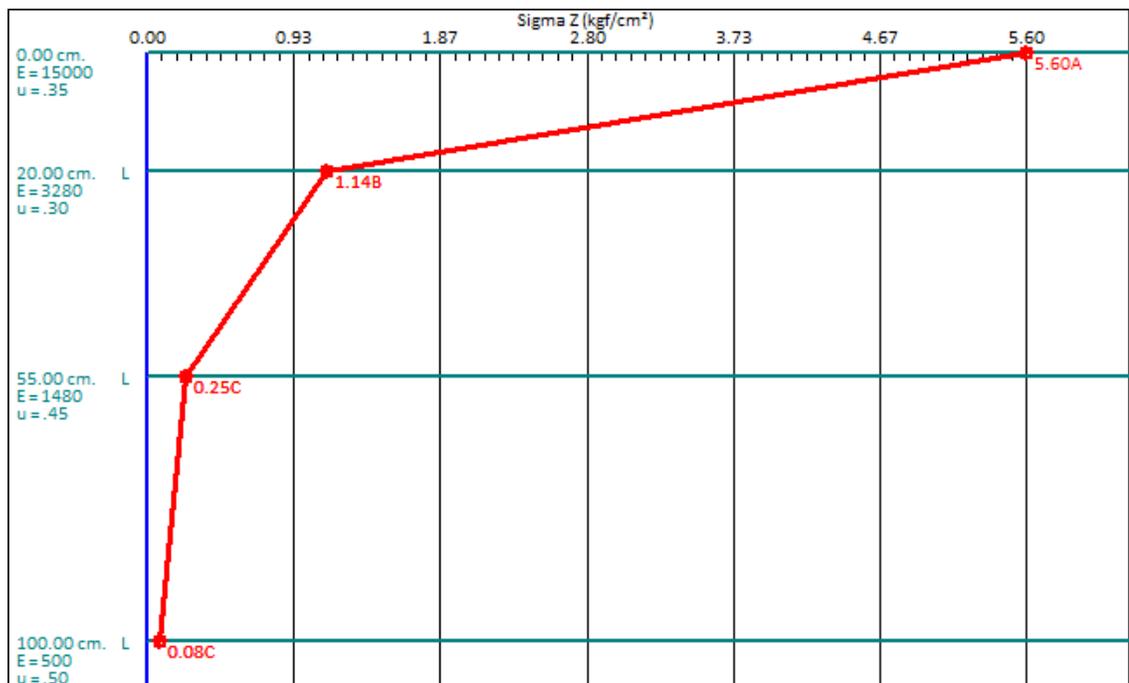
valor de  $266 \times 10^{-6}$  mm, para finalmente llegar a la subrasante con un valor de  $221 \times 10^{-6}$  mm, Como dato adicional de software la estructura en su totalidad sufre una deflexión vertical hacia debajo de 0.4306 mm, esto ocurre en el centro de la rueda doble.

**SANTA (CBR: 5.50%)**

**ESFUERZOS (Kgf/cm<sup>2</sup>)**

**Figura 29**

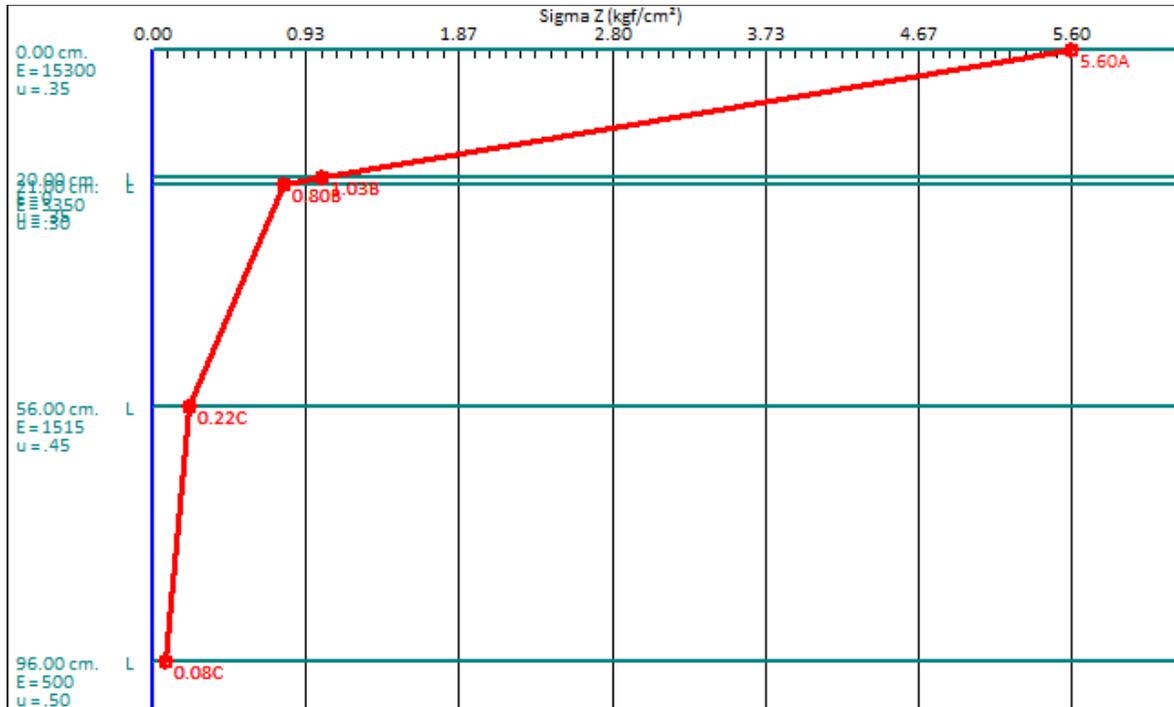
*Modelo 1: Pavimento Flexible Tradicional*



Aquí podemos visualizar al Pavimento Flexible Tradicional en la muestra segmentada de Santa, que fue sometido a una carga inicial de 5.60 kgf/cm<sup>2</sup>, motivo por el cual tenemos una lectura en la carpeta de rodadura igual a 5.60 kgf/cm<sup>2</sup> la cual se va disipando, obteniendo una lectura de 1.14 kgf/cm<sup>2</sup> en la parte superior de la capa de base granular, sigue disipándose entre la base y la sub-base con una carga de 0.24 kgf/cm<sup>2</sup>, para tener una lectura final de 0.08 kgf/cm<sup>2</sup> en la subrasante.

**Figura 30**

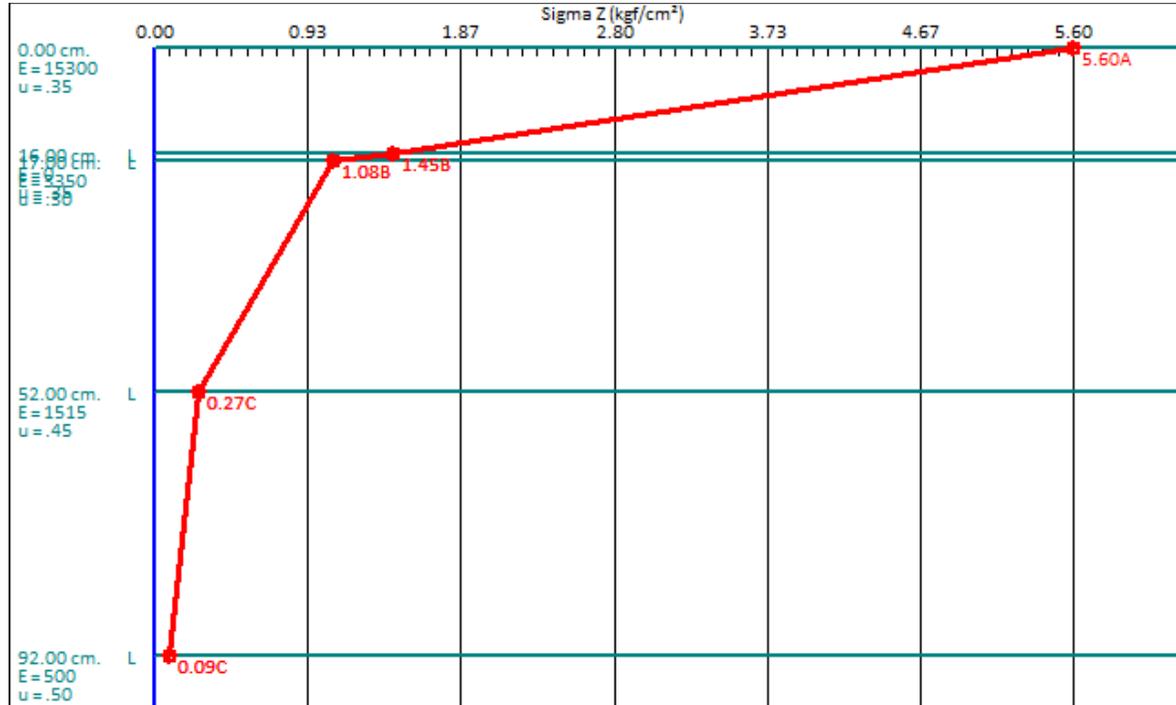
*Modelo 2: Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor*



Aquí podemos visualizar al Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor en la muestra segmentada de Santa, que fue sometido a una carga inicial de 5.60 kgf/cm<sup>2</sup>, motivo por el cual tenemos una lectura en la carpeta de rodadura igual a 5.60 kgf/cm<sup>2</sup> la cual se va disipando, obteniendo una lectura de 1.03 kgf/cm<sup>2</sup> entre la carpeta de rodadura y el sistema bitufor, sigue disipándose entre el sistema bitufor y la base granular y llega a la parte superior de esta con una carga de 0.80 kgf/cm<sup>2</sup>, entre la base y la sub-base se obtiene una lectura equivalente a 0.22 kgf/cm<sup>2</sup>, para tener una lectura final de 0.08 kgf/cm<sup>2</sup> en la subrasante.

**Figura 31**

*Modelo 3: Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor – 20% de Carpeta Asfáltica*

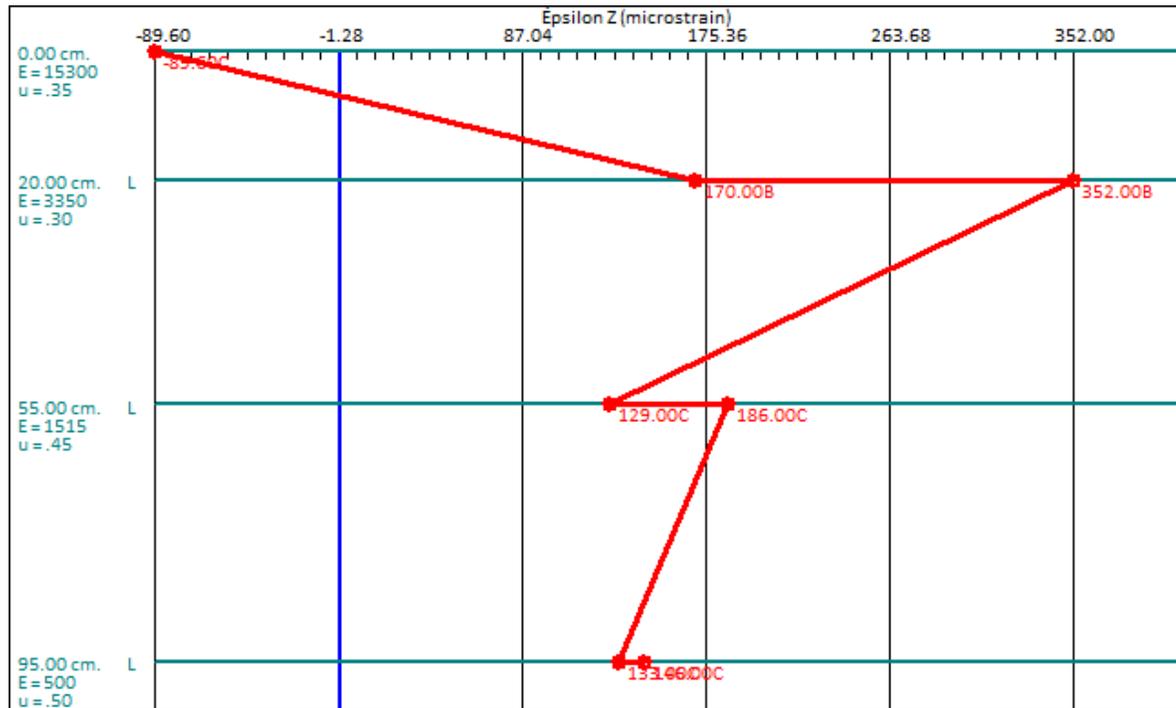


Aquí podemos visualizar al Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor – 20% de Carpeta Asfáltica en la muestra segmentada de Santa, que fue sometido a una carga inicial de 5.60 kgf/cm<sup>2</sup>, motivo por el cual tenemos una lectura en la carpeta de rodadura igual a 5.60 kgf/cm<sup>2</sup> la cual se va disipando, obteniendo una lectura de 1.45 kgf/cm<sup>2</sup> entre la carpeta de rodadura y el sistema bitufor, sigue disipándose obteniendo entre el sistema bitufor y la base granular y llega a la parte superior de esta con una carga de 1.08 kgf/cm<sup>2</sup>, entre la base y la sub-base se obtiene una lectura equivalente a 0.27 kgf/cm<sup>2</sup>, para tener una lectura final de 0.09 kgf/cm<sup>2</sup> en la subrasante.

**DEFORMACIONES ( 1 microstrain =  $10^{-6}$  mm )**

**Figura 32**

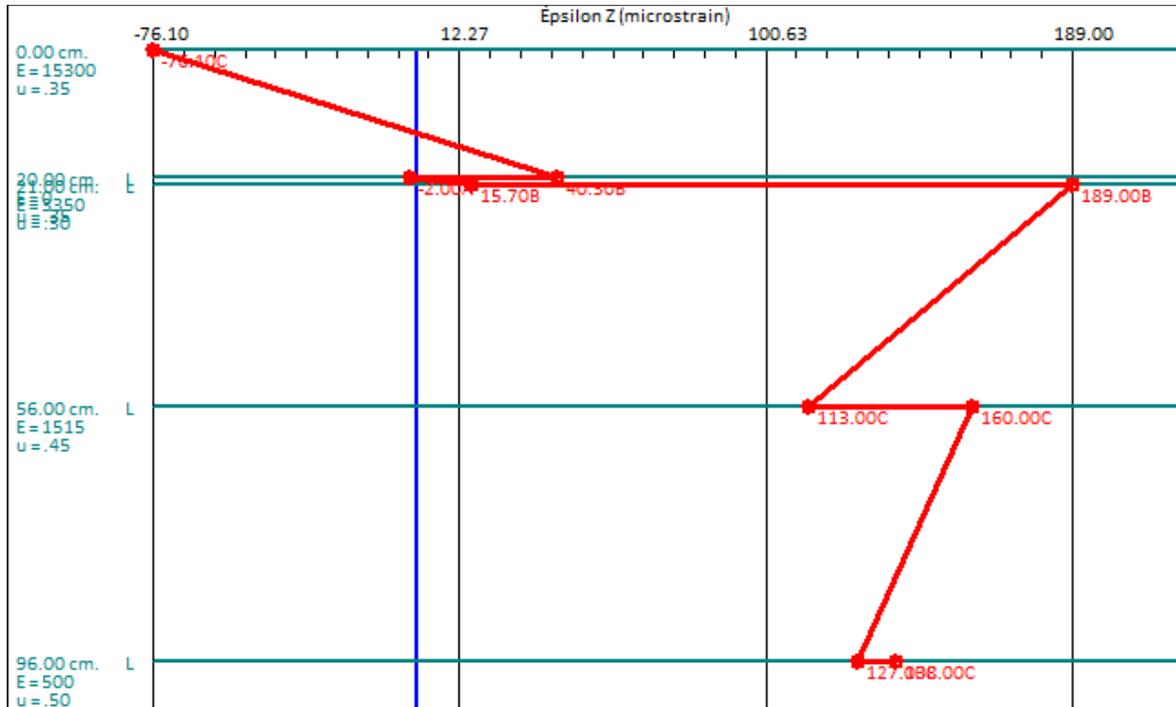
*Modelo 1: Pavimento Flexible Tradicional*



Aquí podemos visualizar al Pavimento Flexible Tradicional en la muestra segmentada de Santa, que debido al sometimiento de la carga inicial de 5.60 kgf/cm<sup>2</sup>, se tiene una lectura de deformación negativa en la carpeta de rodadura (pequeño bombeo) igual a 89.6 x10<sup>-6</sup> mm, la cual luego de la distribución de esfuerzos llega a la parte superior de la capa de base granular con un valor de 352 x10<sup>-6</sup> mm . Los esfuerzos se siguen disipando y por ello la deformación también por lo que en la capa de subbase esta toma un valor de 186 x10<sup>-6</sup> mm, para finalmente llegar a la subrasante con un valor de 146 x10<sup>-6</sup> mm, Como dato adicional de software la estructura en su totalidad sufre una deflexión vertical hacia abajo de 0.3697 mm, esto ocurre en el centro de la rueda doble.

**Figura 33**

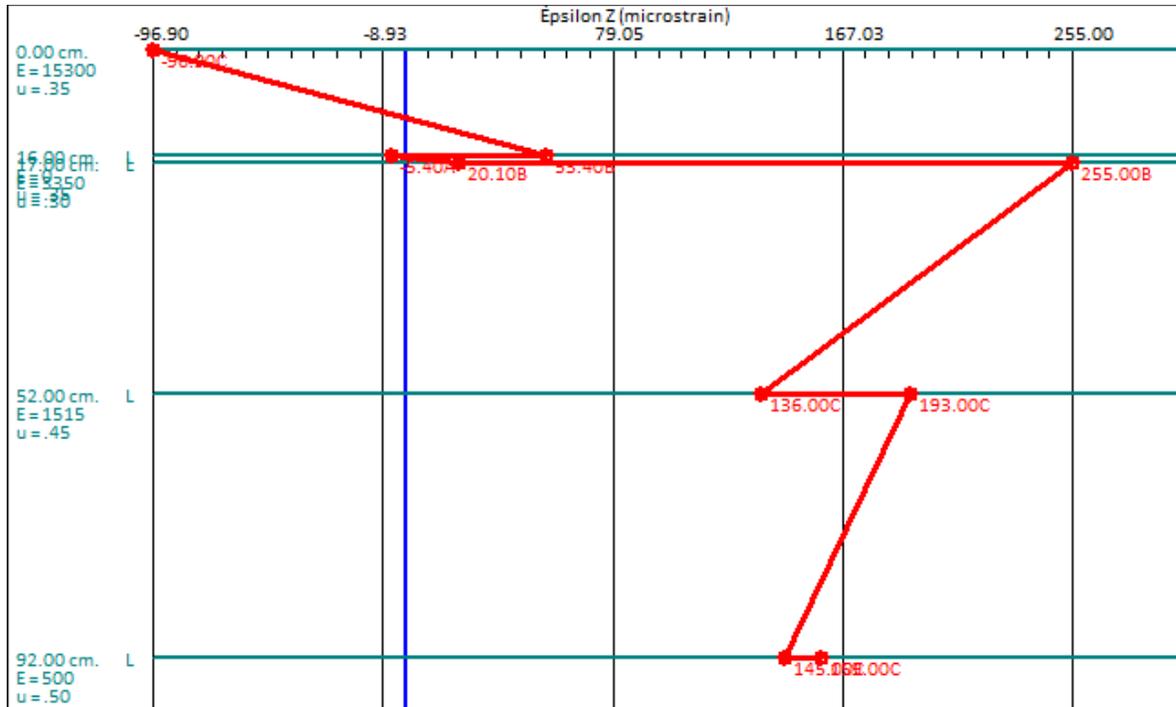
*Modelo 2: Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor*



Aquí podemos visualizar al Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor en la muestra segmentada Chimbote - Coishco que debido al sometimiento de la carga inicial de 5.60 kgf/cm<sup>2</sup>, se tiene una lectura de deformación negativa en la carpeta de rodadura (pequeño bombeo) igual a  $76.1 \times 10^{-6}$  mm, la cual luego de la distribución de esfuerzos llega a la parte superior del sistema bitufor con un valor negativo (pequeño bombeo) de  $2.0 \times 10^{-6}$  mm. La deformación sobre la parte superior de la capa de base granular toma un valor de  $189 \times 10^{-6}$  mm. Los esfuerzos se siguen disipando y por ello la deformación también por lo que en la capa de subbase esta toma un valor de  $160 \times 10^{-6}$  mm, para finalmente llegar a la subrasante con un valor de  $138 \times 10^{-6}$  mm, Como dato adicional de software la estructura en su totalidad sufre una deflexión vertical hacia debajo de 0.3376 mm, esto ocurre en el centro de la rueda doble.

**Figura 34**

*Modelo 3: Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor – 20% de Carpeta Asfáltica*



Aquí podemos visualizar al Pavimento Flexible Tradicional + Sistema Bitufor -20% Carpeta asfáltica en la muestra segmentada Chimbote - Coishco que debido al sometimiento de la carga inicial de 5.60 kgf/cm<sup>2</sup>, se tiene una lectura de deformación negativa en la carpeta de rodadura (pequeño bombeo) igual a  $96.9 \times 10^{-6}$  mm, la cual luego de la distribución de esfuerzos llega a la parte superior del sistema bitufor con un valor negativo (pequeño bombeo) de  $5.4 \times 10^{-6}$  mm. La deformación sobre la parte superior de la capa de base granular toma un valor de  $255 \times 10^{-6}$  mm. Los esfuerzos se siguen disipando y por ello la deformación también por lo que en la capa de subbase esta toma un valor de  $193 \times 10^{-6}$  mm, para finalmente llegar a la subrasante con un valor de  $159 \times 10^{-6}$  mm, Como dato adicional de software la estructura en su totalidad sufre una deflexión vertical hacia debajo de 0.3680 mm, esto ocurre en el centro de la rueda doble.

#### 4.1.7 Comparación de Costos

##### KM 438+000 - KM 443+000 (REF: CHIMBOTE - COISHCO)

**Tabla 39**

*Presupuesto de Pavimento Chimbote-Coishco*

KM 438+000 - KM 443+000 (REF : CHIMBOTE - COISHCO)					
Item	Descripcion	Und	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
<b>01</b>	<b>PAVIMENTO FELXIBLE TRADICIONAL</b>				<b>S/. 8,564,400.00</b>
01.01	SUB BASE GRANULAR e= 0.35m	m2	72000	23.17	S/. 1,668,240.00
01.02	BASE GRANULAR E = 0.30 m	m2	72000	23.45	S/. 1,688,400.00
01.03	IMPRIMACION ASFALTICA MC -30	m2	72000	5.16	S/. 371,520.00
01.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 15 CM	m2	72000	67.17	S/. 4,836,240.00
<b>02</b>	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE TRADICIONAL + SISTEMA BITUFOR</b>				<b>S/. 9,922,320.00</b>
02.01	SUB BASE GRANULAR e= 0.35m	m2	72000	23.17	S/. 1,668,240.00
02.02	BASE GRANULAR E = 0.30 m	m2	72000	23.45	S/. 1,688,400.00
02.03	SLURRY SEAL e=0.01m	m2	72000	7.05	S/. 507,600.00
02.04	COLOCACION DE MALLA DE ACERO DE REFUERZO MESH TRACK	m2	72000	11.81	S/. 850,320.00
02.05	IMPRIMACION ASFALTICA MC-30	m2	72000	5.16	S/. 371,520.00
02.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 15 CM	m2	72000	67.17	S/. 4,836,240.00
<b>03</b>	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE TRADICIONAL + SISTEMA BITUFOR -20%</b>				<b>S/. 8,076,240.00</b>
03.01	SUB BASE GRANULAR e= 0.35m	m2	72000	23.17	S/. 1,668,240.00
03.02	BASE GRANULAR E = 0.30 m	m2	72000	23.45	S/. 1,688,400.00
03.03	SLURRY SEAL e=0.01m	m2	72000	7.05	S/. 507,600.00
03.04	COLOCACION DE MALLA DE ACERO DE REFUERZO MESH TRACK	m2	72000	11.81	S/. 850,320.00
03.05	IMPRIMACION ASFALTICA MC-30	m2	72000	5.16	S/. 371,520.00
03.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 12 CM	m2	72000	41.53	S/. 2,990,160.00

La tabla muestra cada tipo de revestimiento flexible y su precio para un proyecto típico. En relación con la base y la capa base, los costos permanecen iguales porque sus dimensiones de espesor no cambian, lo cual es notable e importante, en un proyecto de combinación de pavimento flexible tradicional + sistema Bitufor (mesh track + slurry seal) el presupuesto aumentó un 15,86% respecto al costo total de un pavimento flexible tradicional mientras si se utilizara el proyecto de pavimento flexible tradicional + sistema bitufor (mesh track + slurry seal) – reducción de carpeta de rodadura en 3 cm, habría una disminución del 5.69% del costo con respecto al pavimento tradicional, esto se debe al ahorro del costo en material asfáltico y en la utilización de materiales y equipos.

**KM 443+000 - KM 444+000 (REF: SANTA)**

**Tabla 40**

*Presupuesto de Pavimento Santa*

KM 443+000 - KM 444+000 (REF : SANTA)					
Item	Descripcion	Und	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
<b>01</b>	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE TRADICIONAL</b>				<b>S/.</b> <b>2,294,496.00</b>
01.01	SUB BASE GRANULAR e= 0.40m	m2	14400	29.19	S/.
01.02	BASE GRANULAR E = 0.35 m	m2	14400	30.38	S/.
01.03	IMPRIMACION ASFALTICA MC -30	m2	14400	5.16	S/.
01.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 20 CM	m2	14400	94.61	S/.
<b>02</b>	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE TRADICIONAL + SISTEMA BITUFOR</b>				<b>S/.</b> <b>2,566,080.00</b>
02.01	SUB BASE GRANULAR e= 0.40m	m2	14400	29.19	S/.
02.02	BASE GRANULAR E = 0.35 m	m2	14400	30.38	S/.
02.03	SLURRY SEAL e=0.01m	m2	14400	7.05	S/.
02.04	COLOCACION DE MALLA DE ACERO DE REFUERZO MESH TRACK	m2	14400	11.81	S/.
02.05	IMPRIMACION ASFALTICA MC-30	m2	14400	5.16	S/.
02.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 20 CM	m2	14400	94.61	S/.
<b>03</b>	<b>PAVIMENTO FLEXIBLE TRADICIONAL + SISTEMA BITUFOR -20%</b>				<b>S/.</b> <b>2,196,720.00</b>
03.01	SUB BASE GRANULAR e= 0.40m	m2	14400	29.19	S/.
03.02	BASE GRANULAR E = 0.35 m	m2	14400	30.38	S/.
03.03	SLURRY SEAL e=0.01m	m2	14400	7.05	S/.
03.04	COLOCACION DE MALLA DE ACERO DE REFUERZO MESH TRACK	m2	14400	11.81	S/.
03.05	IMPRIMACION ASFALTICA MC-30	m2	14400	5.16	S/.
03.06	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 16 CM	m2	14400	68.96	S/.

La tabla muestra cada tipo de revestimiento flexible y su precio para un proyecto típico. En relación con la base y la capa base, los costos permanecen iguales porque sus dimensiones de espesor no cambian, lo cual es notable e importante, en un proyecto de combinación de pavimento flexible tradicional + sistema Bitufor (mesh track + slurry seal) el presupuesto aumentó un 11,83% respecto al costo total de un pavimento flexible tradicional mientras si se utilizara el proyecto de pavimento flexible tradicional + sistema bitufor (mesh track + slurry seal) – reducción de carpeta de rodadura en 4 cm, habría una disminución del 4.26% del costo con respecto al pavimento tradicional, esto se debe al ahorro del costo en material asfáltico y en la utilización de materiales y equipos.

## 4.2 Discusión

- En el estudio de "Influencia de la Geomalla en el Diseño del Pavimento Flexible en la Vía de Evitamiento Norte – Cajamarca, 2017" de Díaz Chuquimango, identificó como su zona de estudio la Vía de Evitamiento Norte, ubicado en la región de Cajamarca, en dónde la vía se encontraba a nivel de sub-rasante, y debido al nivel de tráfico que se genera en esa zona, fue necesario diseñar un pavimento flexible adecuado a las cargas a las que se encontrara sometida, mientras que en el presente trabajo de investigación, la carretera Panamericana Norte (Chimbote - Santa), actualmente cuenta con una infraestructura de pavimento con grietas, debido al aumento masivo de vehículos en la región y al clima, esta infraestructura perdió su utilidad, lo que provocó fallas en la plataforma, lo que requirió reparaciones rápidas utilizando nuevas tecnologías de pavimento flexible..
- En el estudio de "Diseño Estructural del Pavimento Flexible para el Anillo Vial del Ovalo Grau - Trujillo - La Libertad" de Gomes Vallejos, obtuvo como N°rep. EE 8.2Tn 8'230,000 y SN de 4.65, para así determinar sus espesores de 0.10, 0.35 y 0.30m de carpeta asfáltica, base y sub-base respectivamente, En este trabajo de investigación se determina el espesor de la capa asfáltica, el espesor de base y el espesor de la sub-base son 0.15, 0.30 y 0.35 m, respectivamente. La diferencia está principalmente en el espesor de la base, que se relaciona principalmente con la calidad de la presa, la calidad del estudio de Gomes Vallejos es inferior al trabajo de investigación actual, por lo que se necesita más espesor.

- En el estudio “Rehabilitación de la Vía (del Prog. Km 0,000 al Km 1,900) Cerro Verde (S.M.C.V) ubicada en Arequipa, Distrito de Uchumayo de Arequipa, utilizando el sistema Bitufor para la reducción de grietas y prolongaciones de vida del pavimento” de Yarango Serrano bajo el título N°rep. EE 8,2Tn por valor de 9,21 millones, pero el espesor de la nueva capa de asfalto que se colocará se calculó en 2,5 pulgadas (6,35 cm) en comparación con las 2 pulgadas (5,08 cm) existentes de la capa de asfalto existente cuando se llevó a cabo el estudio de restauración. Llevado a cabo; La diferencia es que se propone un nuevo tipo de pavimento flexible, y los espesores de capa de rodadura, capa base y capa base son de 0,15, 0,30 y 0,35 m respectivamente. Comparado con el espesor de la capa asfáltica, el estudio Yarango de Serrano es: pequeño porque es una recuperación

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES Y**  
**RECOMENDACIONES**

## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- De los 3 modelos propuestos podemos afirmar que el modelo “2” es demasiado caro y por ende no es sustentable. La inclusión del sistema bitufor que incluye la disminución del espesor de la carpeta de rodadura (modelo 3) ha demostrado tener mejor comportamiento estructural y además es más económico que un pavimento flexible tradicional (modelo 1), estos parámetros son los que definen la sustentabilidad de un proyecto en ingeniería, en conclusión, **la propuesta de diseño de pavimento con el sistema bitufor es sustentable**, y por ende la **hipótesis es verdadera**.
- El cuadro siguiente muestra el resumen de los esfuerzos sobre cada capa del pavimento flexible tradicional (modelo “1”) y con la inclusión del sistema bitufor (modelos “2” y “3”) en el tramo de la carretera Panamericana Chimbote – Coishco.

CAPA ESTRUCTURAL	ESFUERZOS (Kgf/CM2)		
	MODELO 1: PFT	MODELO2: PFT + SB	MODELO 3: PFT + SB - 20%
CARPETA DE RODADURA	5.60	5.60	5.60
SISTEMA BITUFOR	-	1.57	2.06
BASE	1.66	1.15	1.49
SUBBASE	0.35	0.32	0.37
SUBRASANTE	0.11	0.11	0.12

Además, se tiene el resumen de las deformaciones:

CAPA ESTRUCTURAL	DEFORMACION POR COMPRESION (MICROSTRAIN)		
	MODELO 1: PFT	MODELO2: PFT + SB	MODELO 3: PFT + SB - 20%
CARPETA DE RODADURA	-126.00	-110.00	-140.00
SISTEMA BITUFOR	-	-6.60	-12.30
BASE	501.00	272.00	352.00

<b>SUBBASE</b>	260.00	226.00	266.00
<b>SUBRASANTE</b>	206.00	197.00	221.00
<b>DEFLEXION TOTAL DE LA ESTRUCTURA (MM)</b>	0.4346	0.3992	0.4306

Asimismo, se tiene el resumen del presupuesto total (S/) de cada modelo de P.F:

<b>MODELO 1 : PFT</b>	<b>MODELO 2: PFT + SB</b>	<b>MODELO 3 : PFT + SB – 20%</b>
8,564,400.00	9,922,320.00	8,076,240.00

- A nivel de capacidad de soporte (esfuerzos y deformaciones) el modelo “2” es el que mejores resultados tiene en comparación con los modelos “1” y “3”, pero económicamente es el más costoso **(aumento del 15.86% respecto al presupuesto del pavimento tradicional)** como se vio anteriormente. La inclusión del sistema bitufor en el modelo “3”, hace que esta actúe como capa disipadora del esfuerzo de 2.06 kgf/cm<sup>2</sup> que recae sobre ella, disipando el esfuerzo hasta tener un valor de 1.49 kgf/cm<sup>2</sup> sobre la capa de base. Este último valor significa una beneficiosa **reducción de esfuerzos del 10.24%** con respecto al esfuerzo de 1.66 kgf/cm<sup>2</sup> que recae sobre la capa base del modelo 1. Por otro lado, si bien se aprecia un aumento de esfuerzos en las capas de subbase de 0.35 a 0.37 kg/cm<sup>2</sup> **(aumento del 5.71%)** y en el terreno de fundación de 0.11 a 0.12 kg/cm<sup>2</sup> **(aumento del 9.09%)**; numéricamente la influencia de estas variaciones sobre estas capas podría tomarse como casi nula en comparación sobre la influencia sobre la capa de sistema bitufor y la capa de base.
- En cuanto a las deformaciones las incidencias más favorables son sobre el sistema bitufor (absorbe parte de la deformación) y la capa de base. En esta última la

deformación pasa de un valor de  $501 \times 10^{-6}$  mm (modelo 1 ) a un valor de  $352 \times 10^{-6}$  mm (modelo 3) **representando una reducción de deformación del 29.74%**. Además, el modelo 3 sufre una deflexión vertical total de 0.4306mm de la estructura, **menor** que el modelo modelo 1 de 0.4346mm.

- Asimismo, el modelo 3 es más barato que el modelo 1 por la reducción de 3cm de capa de rodadura a lo largo de todo el tramo.
- El cuadro siguiente muestra el resumen de los esfuerzos sobre cada capa de pavimento tradicional y/o con la inclusión del sistema bitufor en el tramo de la carretera Panamericana en Santa.

CAPA ESTRUCTURAL	ESFUERZOS (KG/CM2)		
	MODELO 1: PFT	MODELO2: PFT + SB	MODELO 3: PFT + SB - 20%
CARPETA DE RODADURA	5.60	5.60	5.60
SISTEMA BITUFOR	-	1.03	1.45
BASE	1.14	0.80	1.08
SUBBASE	0.25	0.22	0.27
SUBRASANTE	0.08	0.08	0.09

Además, se tiene el resumen de las deformaciones:

CAPA ESTRUCTURAL	DEFORMACION POR COMPRESION (MICROSTRAIN)		
	MODELO 1: PFT	MODELO2: PFT + SB	MODELO 3: PFT + SB - 20%
CARPETA DE RODADURA	-89.60	-76.10	-96.90
SISTEMA BITUFOR	-	-2.00	-5.40
BASE	352.00	189.00	255.00
SUBBASE	186.00	160.00	193.00
SUBRASANTE	146.00	138.00	159.00
DEFLEXION TOTAL DE LA ESTRUCTURA (MM)	0.3697	0.3376	0.3680

Asimismo, se tiene el resumen del presupuesto total (S/) de cada modelo de P.F:

<b>MODELO 1 : PFT</b>	<b>MODELO 2: PFT + SB</b>	<b>MODELO 3 : PFT + SB – 20%</b>
2,294,496.00	2,566,080.00	2,196,720.00

El mismo análisis de comportamiento estructural y presupuesto realizado para el tramo Chimbote – Coishco se podría aplicar para el tramo de Santa, donde se obtendrían similares análisis y conclusiones.

- Se realizó un estudio descriptivo del estado actual de la vía y se encontró que el tramo de vía hoy es una superficie flexible con malas condiciones de rodadura y baches longitudinales y transversales producto del tránsito vehicular. Tráfico y fenómenos meteorológicos que dificultan la circulación de los vehículos.
- Realicé estudios de ingeniería básica: Mecánica de suelos y estudios de tránsito para brindar los parámetros necesarios para el diseño de pavimentos flexibles, donde los estudios de mecánica de suelos determinaron dos partes del proyecto: Chimbote-Coishco (13.43% CBR) y Santa (5.50% CBR), el estudio de tránsito realizado identificó IMDA 9036 vehículos por día, clasificados según sus necesidades en vías Clase I, con carriles divididos de 6.00 m de distancia central; cada vía debe tener dos o más carriles, el ancho de vía debe ser de al menos 3,60 m y la superficie de la calzada debe ser asfaltada.
- Se determinaron los espesores del Pavimento Flexible, según metodología AASHTO 93, recomendada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, en donde fueron de 0.15, 0.30 y 0.35m de carpeta de rodadura, base y sub-base para el tramo Chimbote – Coishco y espesores de 0.20, 0.35 y 0.40 para el tramo de Santa, para un periodo de diseño de 20 años.

Se determinó el diseño del Pavimento Flexible utilizando el Sistema Bitufor, el software Bisar (programa para el cálculo de esfuerzos), determinándose una disminución del 20% de la carpeta de rodadura, los esfuerzos del pavimento se ven reducidos con la utilización del Sistema Bitufor, donde los espesores quedaron en 0.12, 0.30 y 0.35m de carpeta de rodadura, base y sub-base respectivamente en el segmento de Chimbote -Coishco, y espesores de 0.16, 0.35 y 0.40m en el segmento de Santa, agregando entre la carpeta de rodadura y la base, la malla metálica Mesh Track y una capa de slurry seal (lechada asfáltica).

- Se realizó la comparación de costos de los dos segmentos del pavimento flexible bajo el sistema bitufor, donde el tramo de Chimbote – Coishco se presenció una disminución del 5.69% del presupuesto inicial y en el segmento de Santa se presenció una disminución del 4.26%

## **5.2 Recomendaciones**

- Se recomienda a los especialistas en obras viales que estudien los proyectos con el equipo adecuado y siempre busquen oportunidades para optimizar el uso de los recursos disponibles.
- En el estudio de muestra de este trabajo de investigación, se recomienda mejorar el subsuelo del tramo de carretera goblin con estabilización debido a que el CBR logrado en esta área es demasiado pobre.
- Se recomienda a los futuros estudiantes de tesis aclarar las cuestiones relacionadas con el campo de estudio para capturar los objetivos del proyecto de una manera simple y comprensible, continuar la investigación experimental, realizar pruebas de

campo, ya que este es el único indicador real para obtener información precisa y precisa. datos y parámetros.

**CAPÍTULO V**  
**REFERENCIAS**  
**BIBLIOGRAFICAS**

## **CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

Acurio, I. J. (2016). Ingeniería De Pavimentos: Materiales. Lima, Perú: Instituto De La Construcción Y Gerencia.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial. Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Manual De Carreteras: Suelos, Geologia, Geotecnia y Pavimentos - Seccion: Suelos y Pavimentos. Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de Ensayos de Materiales. Lima, Perú.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). Diseño Geometrico de Carreteras. Lima, Perú.

Alfaro Villacorta, J. J., & Cisneros Paredes, J. R. (2015). Diseño Del Reforzamiento del Pavimento Flexible Con Geotextil De La Carretera A Puerto Morín, Provincia Virú, Departamento De La Libertad. Tesis, Trujillo, Perú.

American Society Of Testing Materials Designation 422. (2007). Standard Test Method For Granulometric Analysis.

American Society Of Testing Materials Designation 1557. (2002). Standard Test Methods For Laboratory Compaction Characteristics Of Soil Using Modified Effort.



American Society Of Testing Materials Designation 1883. (1999). Standard Test Methods For Cbr (California Bearing Ratio) Of Laboratory - Compacted Soils.

American Society Of Testing Materials Designation 2216. (1998). Standard Proof Method For Laboratory Determination Of Soil And Rock Water Content In Relation To Its Mass.

American Society Of Testing Materials Designation 4318. (2010). Standard Test Methods For Limit Plastic, Limit Plasticity And Index Of Soils.

Bekaert. (2010). Mesh Track: Fast Planning And Execution Of Roads Renovation. Reino Unido.

# CAPÍTULO VI

## ANEXOS

# **Anexo 1. Conteo Vehicular Ligero y Pesado**

Día	Automóvil	S. Wagon	Camionetas			Micro	Omnibus			Camion			Semitraylers					Traylers				
			Pick Up	Panel	Rural		2E	3E	4E	2E	3E	4E	2S1	2S2	2S3	3S1	3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
Domingo 20/02/2022	1807	228	465	130	534	107	95	31	42	312	169	53	30	10	50	40	32	559	17	6	25	11
	1877	316	454	180	451	76	192	53	45	312	172	64	20	15	25	37	20	661	9	12	33	30
	3684	544	919	310	985	183	287	84	87	624	341	117	50	25	75	77	52	1220	26	18	58	41
Lunes 21/02/2022	1961	221	415	85	543	93	34	49	32	301	145	41	18	9	31	25	27	527	12	1	21	15
	1929	291	431	137	449	58	127	64	45	298	150	45	13	12	21	30	15	619	7	5	28	32
	3890	512	846	222	992	151	161	113	77	599	295	86	31	21	52	55	42	1146	19	6	49	47
Martes 22/02/2022	2010	232	434	79	540	82	39	51	38	293	164	41	25	19	37	46	21	525	12	0	13	22
	1828	314	378	99	467	81	64	70	47	267	164	28	17	22	27	33	20	524	18	1	28	31
	3838	546	812	178	1007	163	103	121	85	560	328	69	42	41	64	79	41	1049	30	1	41	53
Miercoles 23/02/2022	2045	230	372	62	564	73	44	57	32	257	163	43	26	17	34	58	12	566	18	0	11	29
	1938	327	355	110	450	61	57	59	36	215	164	35	16	20	23	35	20	446	17	3	19	32
	3983	557	727	172	1014	134	101	116	68	472	327	78	42	37	57	93	32	1012	35	3	30	61
Jueves 24/02/2022	2072	242	354	60	527	75	44	50	50	221	145	37	21	22	26	47	19	495	17	0	11	28
	1912	325	352	76	444	61	53	54	51	207	152	35	16	17	16	29	22	409	19	3	19	31
	3984	567	706	136	971	136	97	104	101	428	297	72	37	39	42	76	41	904	36	3	30	59
Viernes 25/02/2022	2053	221	424	69	494	91	35	46	44	279	136	43	26	20	35	40	20	496	10	0	19	16
	1936	288	421	94	446	77	60	66	46	267	147	24	17		22	32	20	559	14	3	29	23
	3989	509	845	163	940	168	95	112	90	546	283	67	43	20	57	72	40	1055	24	3	48	39
Sábado 26/02/2022	2134	216	421	68	494	83	35	46	44	278	133	43	26	21	33	37	20	499	10	0	18	15
	1962	287	415	91	460	77	58	65	46	267	143	24	17	20	21	31	20	554	14	3	29	23
	4096	503	836	159	954	160	93	111	90	545	276	67	43	41	54	68	40	1053	24	3	47	38
IMDs	2011.7	227.1	412.1	79.0	528.0	86.3	46.6	47.1	40.3	277.3	150.7	43.0	24.6	16.9	35.1	41.9	21.6	523.9	13.7	1.0	16.9	19.4
	1911.7	306.9	400.9	112.4	452.4	70.1	87.3	61.6	45.1	261.9	156.0	36.4	16.6	15.1	22.1	32.4	19.6	538.9	14.0	4.3	26.4	28.9
	3923.4	534.0	813.0	191.4	980.4	156.4	133.9	108.7	85.4	539.1	306.7	79.4	41.1	32.0	57.3	74.3	41.1	1062.7	27.7	5.3	43.3	48.3
	6598.7						2686.4															
IMDa	1406.65	158.82	288.18	55.24	369.19	60.33	35.33	35.77	30.57	210.38	114.35	32.62	18.64	12.79	26.66	31.76	16.37	397.45	10.41	0.76	12.79	14.74

	1336.72	214.56	280.29	78.61	316.35	49.05	66.22	46.71	34.25	198.67	118.36	27.64	12.57	11.49	16.80	24.60	14.85	408.83	10.62	3.25	20.05	21.89
	2743.37	373.39	568.47	133.85	685.54	109.38	101.56	82.48	64.82	409.05	232.71	60.26	31.22	24.28	43.46	56.36	31.22	806.29	21.03	4.01	32.84	36.63
<b>2022</b>	<b>2743.00</b>	<b>373.00</b>	<b>568</b>	<b>134</b>	<b>686</b>	<b>109</b>	<b>102</b>	<b>82</b>	<b>65</b>	<b>409</b>	<b>233</b>	<b>60</b>	<b>31</b>	<b>24</b>	<b>43</b>	<b>56</b>	<b>31</b>	<b>806</b>	<b>21</b>	<b>4</b>	<b>33</b>	<b>37</b>
	4613.00						2039.0															

- **IMDS 2022 VEHICULOS LIGEROS: 6598.7 VEH/DIA**
- **IMDS 2022 VEHICULOS PESADOS: 2689.1 VEH/DIA**
- **IMDA 2022 VEHICULOS LIGEROS: 4613 VEH/DIA**
- **IMDA 2022 VEHICULOS PESADOS: 2039 VEH/DIA**

# **Anexo 2. Calculo de Ejes Equivalentes**

TIPO DE VEHICULO		IMDA	TIPO EJE	NUMERO LLANTAS	CARGA EJE Tn	"EE" P. FLEXIBLE	EE DIA - CARRIL	
VEHICULOS LIGEROS	Autos	3347.00	SIMPLE	2	1	0.00052702	1.76392441	
		3347.00	SIMPLE	2	1	0.00052702	1.76392441	
	S. Wagon	455.00	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.23979253	
		455.00	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.23979253	
	Pick Up	693.00	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.36522247	
		693.00	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.36522247	
	Panel	163.00	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.0859037	
		163.00	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.0859037	
	Rural	837.00	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.44111286	
		837.00	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.44111286	
	Micros	133.00	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.0700932	
		133.00	SIMPLE	2	1	0.00052702	0.0700932	
	OMNIBUS	2E	115.00	SIMPLE	2	7	1.26536675	145.517176
			115.00	SIMPLE	4	11	3.23828696	372.403
3E		92.00	SIMPLE	2	7	1.26536675	116.413741	
		92.00	TANDEM	6	16	1.36594455	125.666898	
4E		73.00	TANDEM	4	14	2.19644727	160.340651	
		73.00	TANDEM	6	16	1.36594455	99.713952	
CAMIÓN	2E	460.00	SIMPLE	2	7	1.26536675	582.068704	
		460.00	SIMPLE	4	11	3.23828696	1489.612	
	3E	262.00	SIMPLE	2	7	1.26536675	331.526088	
		262.00	TANDEM	8	18	2.01921345	529.033925	
	4E	68.00	SIMPLE	2	7	1.26536675	86.0449389	
		68.00	TRIDEM	10	23	1.5081836	102.556485	
	SEMITRAYLERS	2S1	35.00	SIMPLE	2	7	1.26536675	44.2878362
			35.00	SIMPLE	4	11	3.23828696	113.340044
35.00			SIMPLE	4	11	3.23828696	113.340044	
2S2		29.00	SIMPLE	2	7	1.26536675	36.6956357	
		29.00	SIMPLE	4	11	3.23828696	93.9103219	
		29.00	TANDEM	8	18	2.01921345	58.5571902	
2S3		48.00	SIMPLE	2	7	1.26536675	60.7376039	
		48.00	SIMPLE	4	11	3.23828696	155.437774	
		48.00	TRIDEM	12	25	1.70602625	81.8892599	
3S1		63.00	SIMPLE	2	7	1.26536675	79.7181052	
		63.00	TANDEM	8	18	2.01921345	127.210448	
		63.00	SIMPLE	4	11	3.23828696	204.012079	
3S2	35.00	SIMPLE	2	7	1.26536675	44.2878362		
	35.00	TANDEM	8	18	2.01921345	70.6724709		

		35.00	TANDEM	8	18	2.01921345	70.6724709
	>=S3	907.00	SIMPLE	2	7	1.26536675	1147.68764
		907.00	TANDEM	8	18	2.01921345	1831.4266
		907.00	TRIDEM	12	25	1.70602625	1547.36581
TRAYLERS	2T2	24.00	SIMPLE	2	7	1.26536675	30.368802
		24.00	SIMPLE	4	11	3.23828696	77.7188871
		24.00	SIMPLE	4	11	3.23828696	77.7188871
		24.00	SIMPLE	4	11	3.23828696	77.7188871
	2T3	5.00	SIMPLE	2	7	1.26536675	6.32683374
		5.00	SIMPLE	4	11	3.23828696	16.1914348
		5.00	SIMPLE	4	11	3.23828696	16.1914348
		5.00	TANDEM	8	18	2.01921345	10.0960673
	3T2	37.00	SIMPLE	2	7	1.26536675	46.8185697
		37.00	TANDEM	8	18	2.01921345	74.7108978
		37.00	SIMPLE	4	11	3.23828696	119.816618
		37.00	SIMPLE	4	11	3.23828696	119.816618
	>=3T3	42.00	SIMPLE	2	7	1.26536675	53.1454034
		42.00	TANDEM	8	18	2.01921345	84.8069651
		42.00	SIMPLE	4	11	3.23828696	136.008052
		42.00	TANDEM	8	18	2.01921345	84.8069651

- NUMERO DE REPETICIONES DE EE DE 8.2 TN ( $\Sigma$ ESAL'S ) PARA VEHICULOS LIGEROS: **12.511**
- NUMERO DE REPETICIONES DE EE DE 8.2 TN ( $\Sigma$ ESAL'S ) PARA VEHICULOS PESADOS: **17212.105** (USADO PARA EL DISEÑO).

# **Anexo 3. Ensayos de Laboratorio**

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** CHIMBOTE (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 08/03/2022

**CALICATA : C-1**

**MUESTRA:** M-1

**PROGRESIVA:** Km 438 + 700

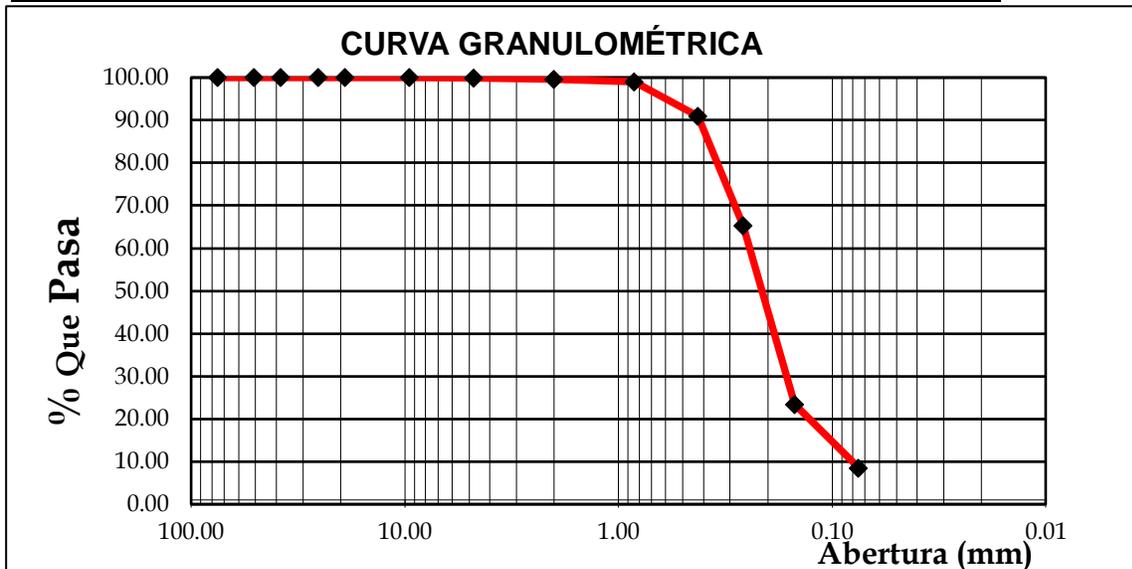
**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

**1) ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D – 422)**

Peso inicial seco (gr)	501.31
Peso lavado y seco (gr)	460.00

C. Uniformidad	3.021
C. Curvatura	1.362

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% Que Pasa
3"	75.000	0.000	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.000	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.000	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.000	0.00	0.00	100.00
N° 04	4.760	0.700	0.14	0.14	99.86
N° 10	2.000	1.000	0.20	0.34	99.66
N° 20	0.840	3.100	0.62	0.96	99.04
N° 40	0.425	40.400	8.06	9.02	90.98
N° 60	0.260	129.000	25.73	34.75	65.25
N° 100	0.149	210.100	41.91	76.66	23.34
N° 200	0.075	74.200	14.80	91.46	8.54
Cazoleta		42.810	8.54	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>501.310</b>	<b>100.00</b>		



<b>% GRAVAS = 0.14</b>	<b>% ARENAS = 91.32</b>	<b>% FINOS = 8.54</b>
------------------------	-------------------------	-----------------------

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** CHIMBOTE (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 08/03/2022

**CALICATA :** C-1

**MUESTRA:** M-1

**PROGRESIVA:** Km 438 + 700

**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

**1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Procedimiento	Tara 1	Tara 2	Tara 3
Peso de Tara (gr.)	98.84	75.61	97.74
Peso de Muestra Húmeda + Tara (gr.)	546.57	512.93	438.47
Peso de Muestra Húmeda (gr.)	447.73	437.32	340.73
Peso de Muestra Seca +Tara (gr.)	468.87	436.39	380.55
Peso de Muestra Seca (gr.)	370.03	360.78	282.81
Peso de Contenido de Agua (gr.)	77.70	76.54	57.92
Contenido de Humedad %	21.00	21.22	20.48
<b>Contenido de Humedad promedio (%)</b>	<b>20.90</b>		

**2) LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBERG (ASTM- D4318)**

**2.1. LIMITE LIQUIDO**

Procedimiento	Tara 01	Tara 02	Tara 03
Nro. de Golpes			
Peso de Tara (gr)			
Peso de Tara (gr) + Suelo Húmedo (gr)	<b>NO PLASTICO</b>		
Peso de Tara (gr) + Suelo Seco (gr)			
Peso de Agua (gr)			
Peso de Suelo Seco (gr)			
Contenido de Humedad (%)			
<b>Limite Liquido (%)</b>			

**2.2. LIMITE PLASTICO**

Procedimiento	Tara 01	Tara 02
Peso de Tara (gr)		
Peso de Tara (gr) + Suelo Húmedo (gr)	<b>NO PLASTICO</b>	
Peso de Tara (gr) + Suelo Seco (gr)		
Peso de Agua (gr)		
Peso de Suelo Seco (gr)		
Contenido de Humedad (%)		
<b>Limite Plástico (%)</b>		

**2.3. INDICE DE PLASTICIDAD (L.L – L.P) = NO PLASTICO**

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** CHIMBOTE (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 08/03/2022

**CALICATA** : C-1

**MUESTRA:** M-1

**PROGRESIVA:** Km 438 + 700

**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

### **3) CLASIFICACION DE SUELOS**

#### **3.1. CLASIFICACION DE SUELOS POR EL SISTEMA AASHTO**

- % Pasa el tamiz N° 200 = 8.54      - L. Líquido y Plástico = No Plastico
- % Pasa el tamiz N° 40 = 90.98      - I. Plasticidad (L.L – L.P) = No Plastico
- Índice de grupo:

$$I.G = 0.2 (a) + 0.005(ac) + 0.01(bd)$$

Dado que el suelo no presenta limite líquido, entonces  $I.G = 0$

En base a esto, este suelo se clasifica como **“A-3 (0)” - Arena fina**, de acuerdo a AASHTO.

#### **3.2. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS)**

- Material que pasa la malla N° 200 (%) = 8.54
- Material grueso que pasa la malla N° 04 (%) = 99.86
- L. Líquido y Plastico e I. Plasticidad = No Plastico
- Coeficiente de Uniformidad = 3.021
- Coeficiente de Curvatura = 1.362
- En base al C.C y al C.U, es un suelo mal graduado.

En base a esto, este suelo se clasifica como **“SP”, Arena mal graduada, arena con grava, con poco o nada de fino**, de acuerdo a SUCS.

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** CHIMBOTE (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 08/03/2022

**CALICATA :** C-1

**MUESTRA:** M-1

**PROGRESIVA:** Km 438 + 700

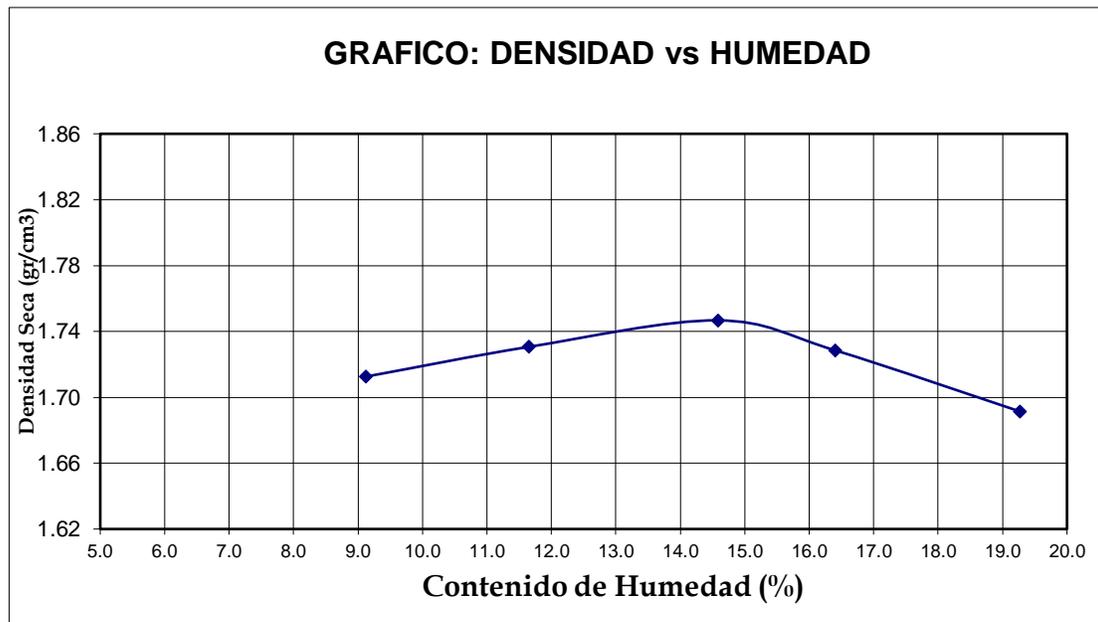
**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

**4) ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115 / ASTM D – 1557)**

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	941.840	941.840	941.840	941.840	941.840
2	Peso del molde (gr)	3550.00	3550.00	3550.00	3550.00	3550.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	5310.00	5370.00	5435.00	5440.00	5450.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	1760.00	1820.00	1885.00	1890.00	1900.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.869	1.932	2.001	2.007	2.017

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

6	Peso de la tara (gr)	22.08	21.87	21.90	22.20	22.20
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	47.33	53.48	64.88	60.45	61.40
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	45.22	50.18	59.41	55.06	55.07
9	Peso del agua (gr)	2.11	3.30	5.47	5.39	6.34
10	Peso del suelo seco (gr)	23.14	28.31	37.51	32.86	32.87
11	Contenido de humedad (%)	9.12	11.66	14.58	16.40	19.28
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.713	1.731	1.747	1.724	1.691



Densidad Seca Max. (gr/cm <sup>3</sup> ):	<b>1.75</b>
Optimo Contenido de Humedad (%):	<b>14.50</b>



**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

TESISTA(S): BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

UBICACIÓN: CHIMBOTE (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

FECHA: 08/03/2022

CALICATA : C-1

MUESTRA: M-1

PROGRESIVA: Km 438 + 700

PROFUNDIDAD: 1.50 m

**5) ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R) – (ASTM D – 1883)**

**a) Ensayo preliminar de Proctor Modificado:**

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.75
Optimo Contenido de Humedad (%)	14.50

**b) Compactación de los moldes CBR:**

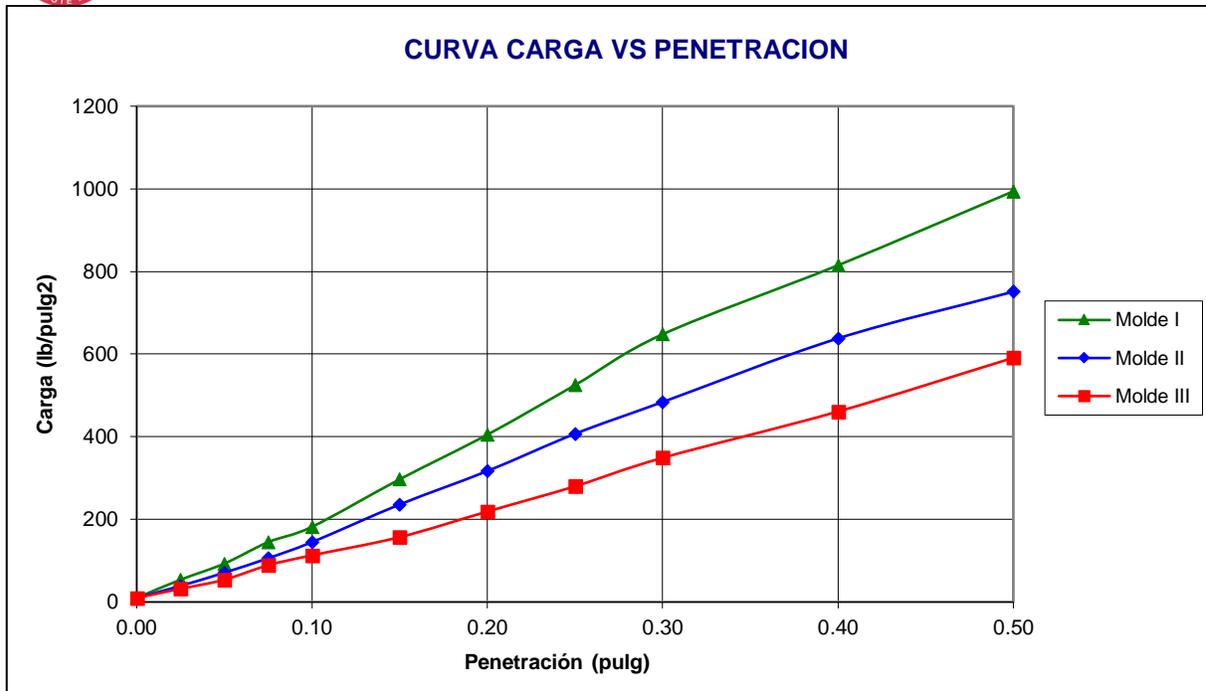
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
N° de golpes por capa	<b>55</b>	<b>26</b>	<b>12</b>
1 Peso del molde + suelo compactado [gr]	12790.00	12610.00	12405.00
2 Peso del molde [gr]	8530.00	8530.00	8530.00
3 Peso de suelo compactado [gr]	4260.00	4080.00	3875.00
4 Volumen de molde [cm <sup>3</sup> ]	2096.00	2096.00	2096.00
5 Densidad húmeda [gr/cm <sup>3</sup> ]	2.03	1.95	1.85

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

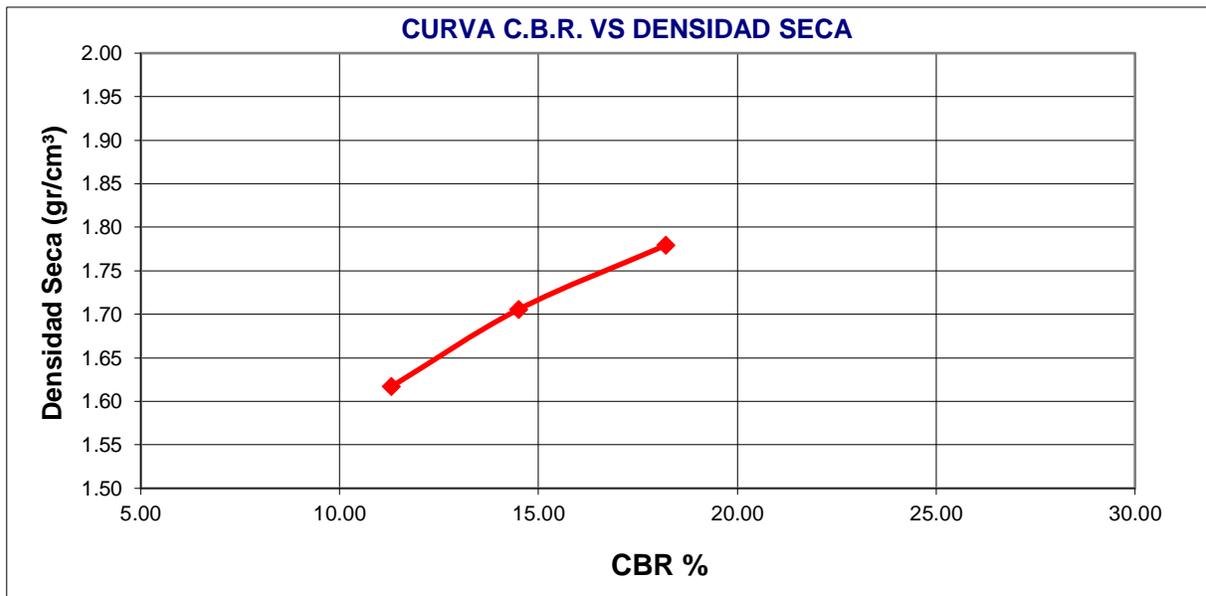
Tara N°	1	2	3
6 Peso de la tara, [gr]	22.83	22.41	22.11
7 Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	71.80	71.20	70.35
8 Peso de la tara + suelo seco, [gr]	65.70	65.16	64.30
9 Peso del agua, [gr]	6.11	6.04	6.05
10 Peso del suelo seco, [gr]	42.87	42.75	42.19
11 Contenido de humedad, [%]	14.23	14.13	14.34
12 Densidad seca de la muestra, [gr/cm <sup>3</sup> ]	<b>1.779</b>	<b>1.706</b>	<b>1.617</b>

**c) Prueba de penetración:** Área del anillo = 3 pulg<sup>2</sup> Presión (libras/pulg<sup>2</sup>) = (L x 7.36+30.18) /3

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		18.0	54	12.0	39	9.0	32
0.050		34.0	93	25.0	71	18.0	54
0.075		55.0	145	39.0	106	32.0	89
0.100	1000	70.0	182	55.0	145	42.0	113
0.150		117.0	297	92.0	236	60.0	157
0.200	1500	161.0	405	125.0	317	85.0	219
0.250		210.0	525	162.0	407	110.0	280
0.300	1900	260.0	648	193.0	484	138.0	349
0.400	2300	328.0	815	256.0	638	184.0	461
0.500	2600	401.0	994	302.0	751	237.0	591



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	182.0	1000	18.20	0.00
II	0.1	145.0	1000	14.50	0.00
III	0.1	113.0	1000	11.30	0.00



CBR 0.1" DE PENETRACION A 100% MDS (1.75 gr/cm3)	16.50 %
<b>CBR 0.1" DE PENETRACION A 95 % MDS (1.67 gr/cm3)</b>	<b>13.20 %</b>

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** SANTA (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 25/03/2022

**CALICATA :** C-2

**MUESTRA:** M-1

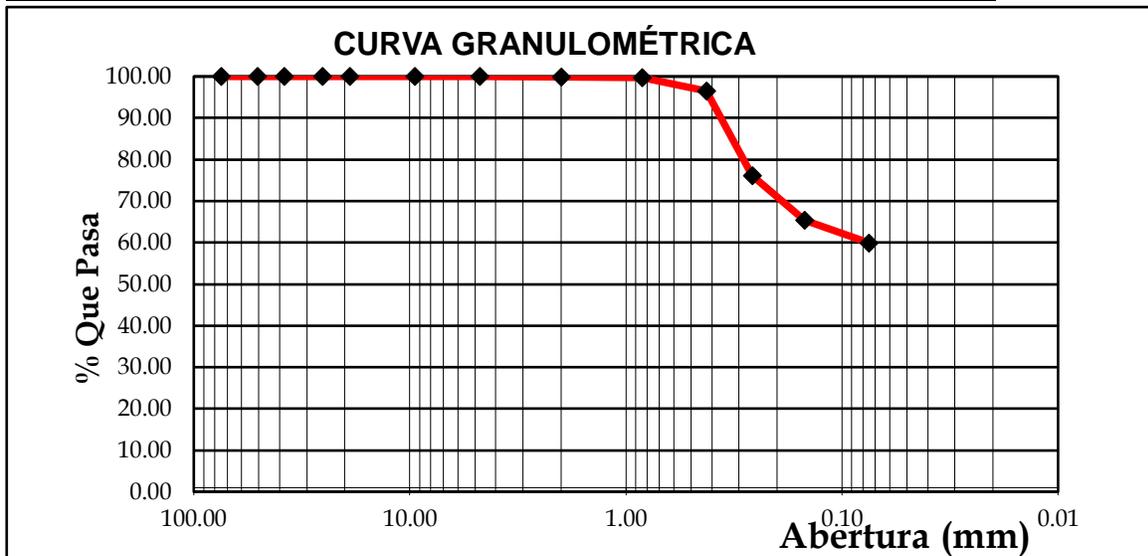
**PROGRESIVA:** Km 443 + 900

**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

**1) ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D – 422)**

Peso inicial seco (gr)	524.00
Peso lavado y seco (gr)	210.00

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% Que Pasa
3"	75.000	0.000	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.000	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.000	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.000	0.00	0.00	100.00
N° 04	4.760	0.000	0.00	0.00	100.00
N° 10	2.000	0.640	0.12	0.12	99.88
N° 20	0.840	0.710	0.14	0.26	99.74
N° 40	0.425	17.070	3.26	3.52	96.48
N° 60	0.260	107.000	20.42	23.94	76.06
N° 100	0.149	55.970	10.68	34.62	65.38
N° 200	0.075	28.490	5.44	40.05	59.95
Cazoleta		314.120	59.95	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>524.000</b>	<b>100.00</b>		



<b>% GRAVAS = 0.00</b>	<b>% ARENAS = 40.05</b>	<b>% FINOS = 59.95</b>
------------------------	-------------------------	------------------------



**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

TESISTA(S): BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

UBICACIÓN: SANTA (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

FECHA: 25/03/2022

CALICATA : C-2

MUESTRA: M-1

PROGRESIVA: Km 443 + 900

PROFUNDIDAD: 1.50 m

**1.1 CONTENIDO DE HUMEDAD**

Procedimiento	Tara 1	Tara 2	Tara 3
Peso de Tara (gr.)	97.80	92.04	96.95
Peso de Muestra Húmeda + Tara (gr.)	263.87	265.87	310.14
Peso de Muestra Húmeda (gr.)	166.07	173.83	213.19
Peso de Muestra Seca +Tara (gr.)	243.24	243.16	283.18
Peso de Muestra Seca (gr.)	145.44	151.12	186.23
Peso de Contenido de Agua (gr.)	20.63	22.71	26.96
Contenido de Humedad %	14.18	15.03	14.48
<b>Contenido de Humedad promedio (%)</b>	<b>14.56</b>		

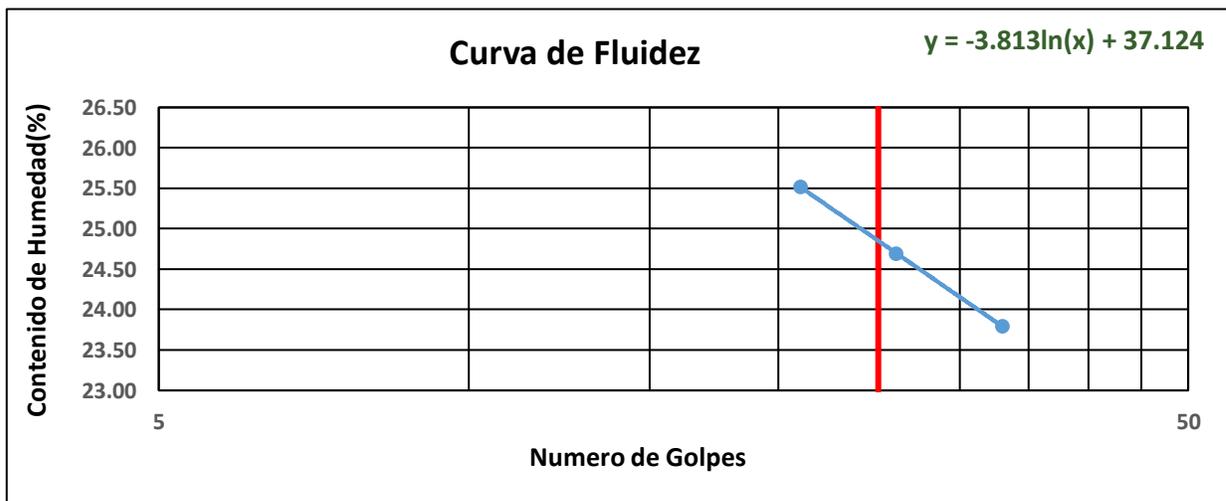
**2) LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBERG (ASTM- D4318)**

**2.1. LIMITE LIQUIDO**

PROCEDIMIENTO	Tara 01	Tara 02	Tara 03
Nro. de Golpes	33	26	21
Peso de Tara (gr)	22.22	21.85	22.35
P. de Tara + Suelo Húmedo (gr)	46.36	50.43	48.37
P de Tara + Suelo Seco (gr)	41.72	44.77	43.08
Peso de Agua (gr)	4.64	5.66	5.29
Peso de Suelo Seco (gr)	19.50	22.92	20.73
Contenido de Humedad (%)	23.79	24.69	25.52
<b>Limite Liquido (%)</b>	<b>24.85</b>		

**2.2 LIMITE PLASTICO**

PROCEDIMIENTO	Tara 01	Tara 02
Peso de Tara (gr)	13.87	13.66
P. de Tara + Suelo Húmedo (gr)	20.30	20.37
P. de Tara + Suelo Seco (gr)	19.46	19.43
Peso de Agua (gr)	0.84	0.94
Peso de Suelo Seco (gr)	5.59	5.77
Contenido de Humedad (%)	15.03	16.29
<b>Limite Plástico (%)</b>	<b>15.66</b>	



**2.3 INDICE DE PLASTICIDAD (L.L – L.P) = 24.85 – 15.66 = 9.19**

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

TESISTA(S): BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

UBICACIÓN: SANTA (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

FECHA: 25/03/2022

CALICATA : C-2

MUESTRA: M-1

PROGRESIVA: Km 443 + 900

PROFUNDIDAD: 1.50 m

### 3) CLASIFICACION DE SUELOS

#### 3.1. CLASIFICACION DE SUELOS POR EL SISTEMA AASHTO

- % Pasa el tamiz N° 200 = 59.95      - Limite Liquido = 24.85      - Limite Plástico = 15.66

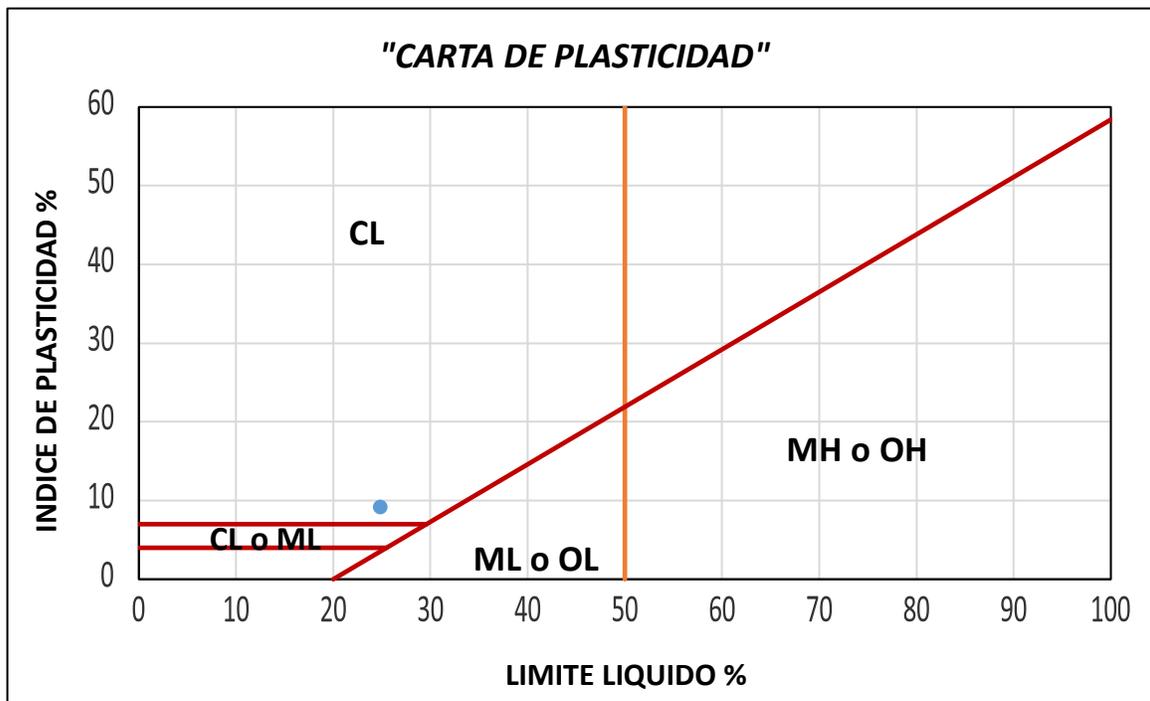
- % Pasa el tamiz N° 40 = 96.48      - Índice de Plasticidad (L.L – L.P) = 9.19

- Índice de grupo:  $I.G = 0.2(a) + 0.005(ac) + 0.01(bd) = 4.99 \approx 5.00$

En base a esto, este suelo se clasifica como **“A-4 (5)”**, **Suelo Limoso**, de acuerdo a AASHTO.

#### 3.2. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS)

- % Pasa el tamiz N° 200 = 59.95      - Limite Liquido = 24.85      - Índice de Plasticidad= 9.19



En base a esto, este suelo se clasifica como **“CL”** (Arcilla inorgánica de baja o media plasticidad, arcilla con grava, arcilla arenosa arcilla limosa, arcilla pobre) de acuerdo a SUCS.

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** SANTA (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 25/03/2022

**CALICATA :** C-2

**MUESTRA:** M-1

**PROGRESIVA:** Km 443 + 900

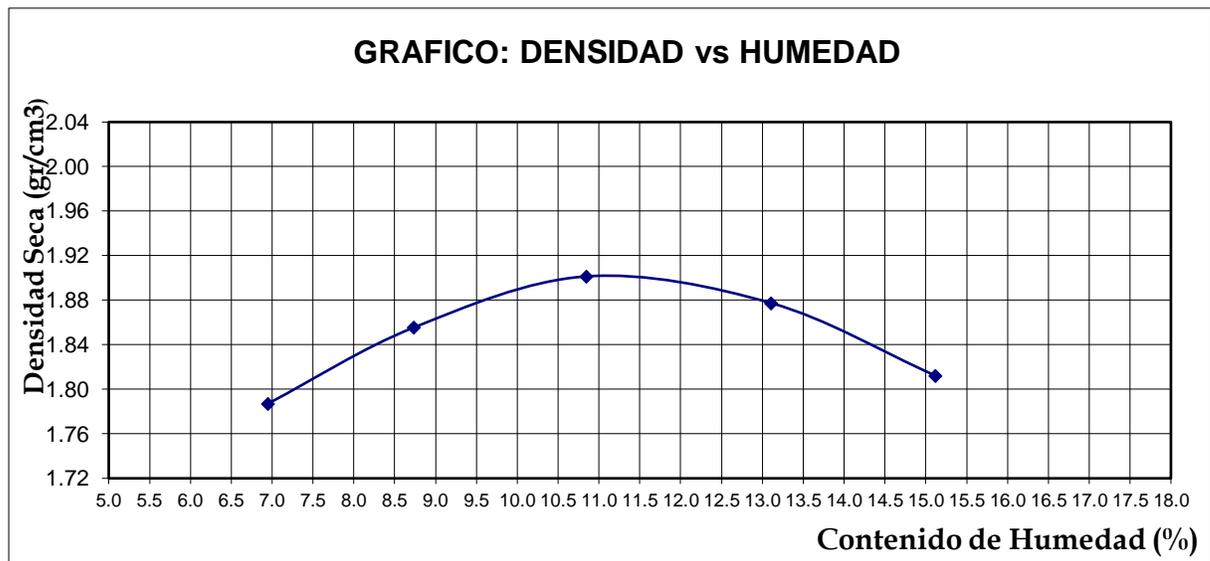
**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

**4. ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115 / ASTM D – 1557)**

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	941.840	941.840	941.840	941.840	941.840
2	Peso del molde (gr)	3550.00	3550.00	3550.00	3550.00	3550.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	5350.00	5450.00	5535.00	5550.00	5515.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	1800.00	1900.00	1985.00	2005.000	1965.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.911	2.017	2.108	2.124	2.086

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

6	Peso de la tara (gr)	21.75	22.36	22.22	22.50	22.22
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	50.54	52.25	48.08	47.96	41.00
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	48.67	49.85	45.55	45.01	38.52
9	Peso del agua (gr)	1.87	2.40	2.53	2.95	2.48
10	Peso del suelo seco (gr)	26.92	27.49	23.33	22.51	16.41
11	Contenido de humedad (%)	6.95	8.73	10.84	13.11	15.11
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.787	1.855	1.901	1.877	1.812



Densidad Seca Max. (gr/cm <sup>3</sup> ):	<b>1.90</b>
Optimo Contenido de Humedad (%):	<b>11.00</b>



**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

TESISTA(S): BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

UBICACIÓN: SANTA (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

FECHA: 25/03/2022

CALICATA : C-2

MUESTRA: M-1

PROGRESIVA: Km 443 + 900

PROFUNDIDAD: 1.50 m

**5. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R) – (ASTM D – 1883)**

**c) Ensayo preliminar de Proctor Modificado:**

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.90
Optimo Contenido de Humedad (%)	11.00

**d) Compactación de los moldes CBR:**

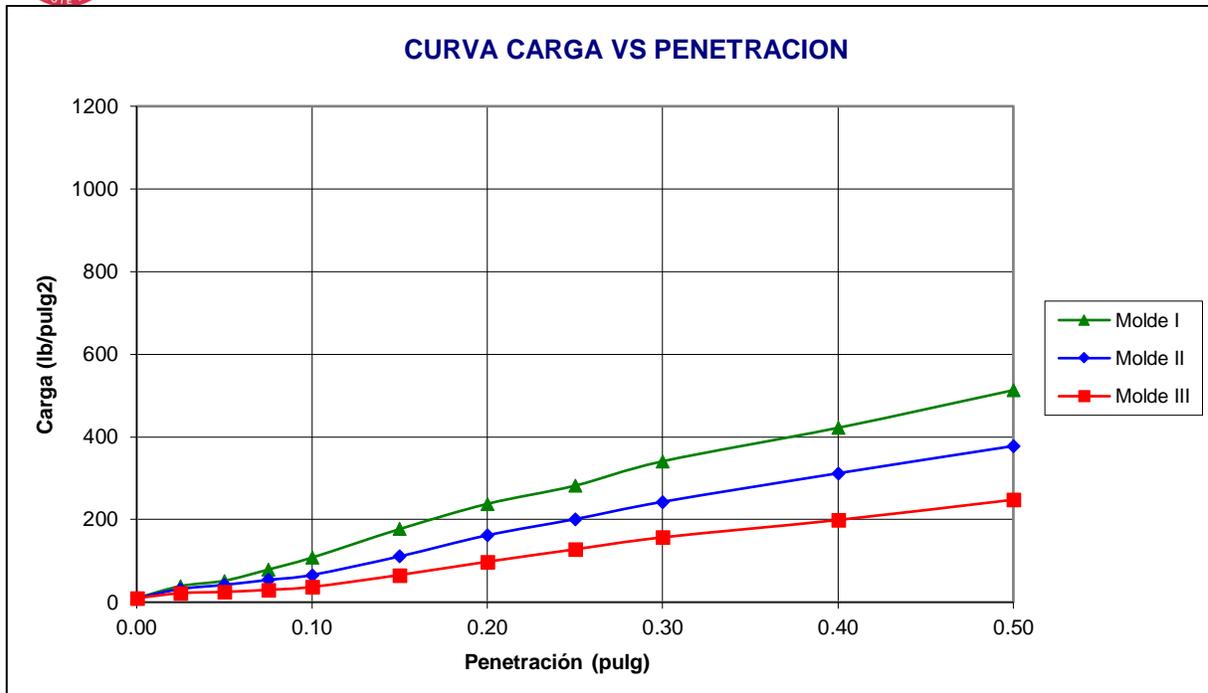
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
N° de golpes por capa	55	26	12
1 Peso del molde + suelo compactado [gr]	12995.00	12730.00	12550.00
2 Peso del molde [gr]	8530.00	8530.00	8530.00
3 Peso de suelo compactado [gr]	4465.00	4200.00	4020.00
4 Volumen de molde [cm <sup>3</sup> ]	2096.00	2096.00	2096.00
5 Densidad húmeda [gr/cm <sup>3</sup> ]	2.12	2.00	1.92

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

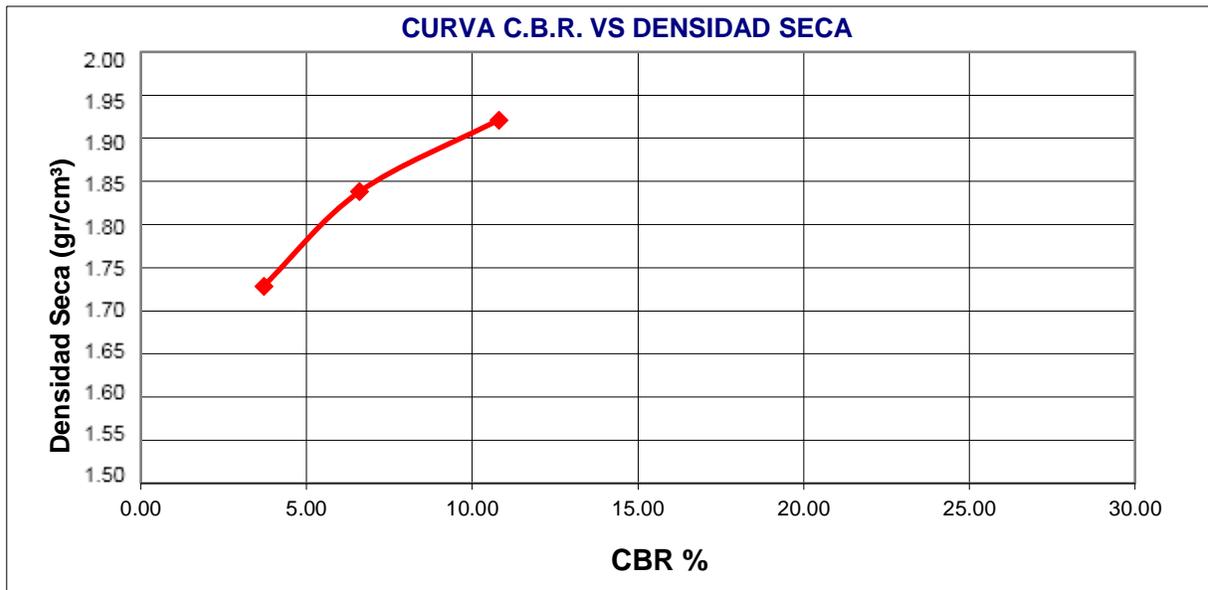
Tara N°	1	2	3
6 Peso de la tara, [gr]	24.27	25.33	25.41
7 Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	67.35	65.20	65.90
8 Peso de la tara + suelo seco, [gr]	63.12	61.90	61.90
9 Peso del agua, [gr]	4.23	3.30	4.00
10 Peso del suelo seco, [gr]	38.86	36.57	36.50
11 Contenido de humedad, [%]	10.88	9.02	10.96
12 Densidad seca de la muestra, [gr/cm <sup>3</sup> ]	<b>1.921</b>	<b>1.838</b>	<b>1.728</b>

**c) Prueba de penetración:**

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		12.0	39	9.0	32	5.0	22
0.050		17.0	52	13.0	42	6.0	25
0.075		28.0	79	18.0	54	8.0	30
0.100	1000	40.0	108	23.0	66	11.0	37
0.150		68.0	177	41.0	111	23.0	66
0.200	1500	93.0	238	62.0	162	36.0	98
0.250		111.0	282	78.0	201	48.0	128
0.300	1900	135.0	341	95.0	243	60.0	157
0.400	2300	168.0	422	123.0	312	77.0	199
0.500	2600	205.0	513	150.0	378	97.0	248



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)
I	0.1	108.0	1000	10.80
II	0.1	66.0	1000	6.60
III	0.1	37.0	1000	3.70



CBR 0.1" DE PENETRACION A 100% MDS (1.90 gr/cm³)	10.00 %
CBR 0.1" DE PENETRACION A 95 % MDS (1.80 gr/cm³)	5.20 %

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** COISHCO (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 18/04/2022

**CALICATA :** C-3

**MUESTRA:** M-1

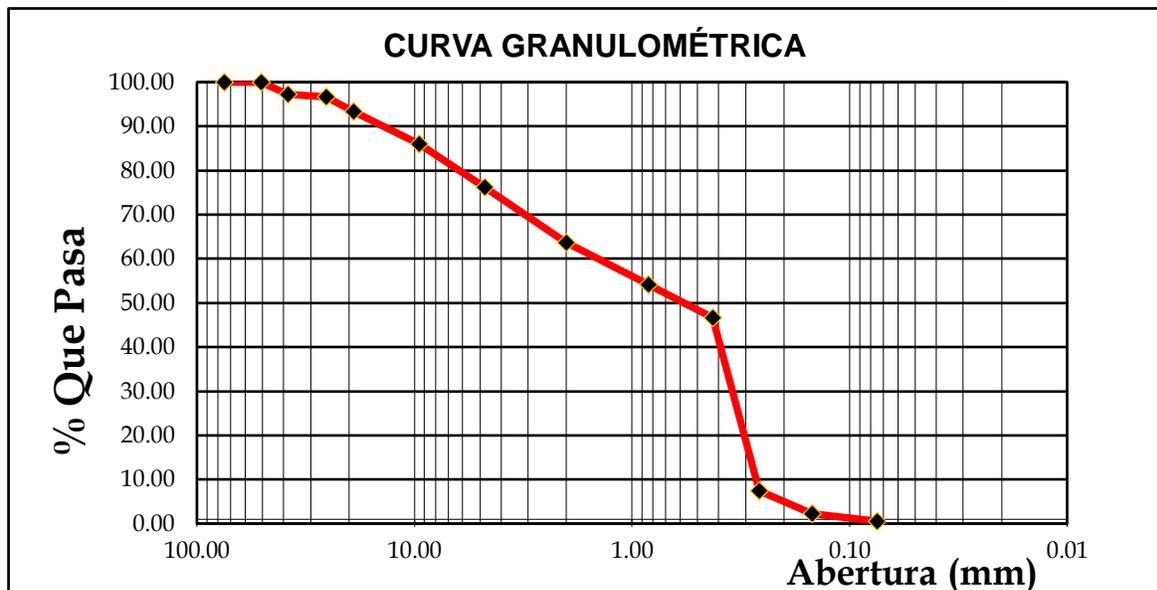
**PROGRESIVA:** Km 442+300

**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

**1) ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM D – 422)**

Peso inicial seco (gr)	3000.00	C. Uniformidad	5.328
Peso lavado y seco (gr)	2987.89	C. Curvatura	0.310

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% Que Pasa
3"	75.000	0.000	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	80.13	2.67	2.67	99.73
1"	25.400	20.78	0.69	3.36	96.64
3/4"	19.000	96.03	3.20	6.56	93.44
3/8"	9.500	224.82	7.49	14.06	85.94
N° 04	4.760	291.61	9.72	23.78	76.22
N° 10	2.000	376.47	12.55	36.33	63.67
N° 20	0.840	284.95	9.50	45.83	54.17
N° 40	0.425	225.39	7.51	53.34	46.66
N° 60	0.260	1175.95	39.20	92.54	7.46
N° 100	0.149	157.21	5.24	97.78	2.22
N° 200	0.075	49.20	1.64	99.42	0.58
Cazoleta		17.46	0.58	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>3000.00</b>	<b>100.00</b>		



<b>% GRAVAS = 23.78</b>	<b>% ARENAS = 75.64</b>	<b>% FINOS = 0.58</b>
-------------------------	-------------------------	-----------------------



**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** COISHCO (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 18/04/2022

**CALICATA** : C-3

**MUESTRA:** M-1

**PROGRESIVA:** Km 442 + 300

**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

**1.1) CONTENIDO DE HUMEDAD**

Procedimiento	TARA 1	TARA 2	TARA 3
Peso de Tara (gr.)	113.20	100.02	100.05
Peso de Muestra Húmeda + Tara (gr.)	342.30	350.50	367.45
Peso de Muestra Húmeda (gr.)	229.10	250.48	267.40
Peso de Muestra Seca +Tara (gr.)	340.42	348.48	365.21
Peso de Muestra Seca (gr.)	227.22	248.46	265.16
Peso de Contenido de Agua (gr.)	1.88	2.02	2.24
Contenido de Humedad %	0.83	0.81	0.84
<b>Contenido de Humedad promedio (%)</b>	<b>0.83</b>		

**2) LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBERG (ASTM- D4318)**

**2.1. LIMITE LIQUIDO**

PROCEDIMIENTO	Tara 01	Tara 02	Tara 03
Nro. de Golpes			
Peso de Tara (gr)			
Peso de Tara (gr) + Suelo Húmedo (gr)			
Peso de Tara (gr) + Suelo Seco (gr)			
Peso de Agua (gr)			
Peso de Suelo Seco (gr)			
Contenido de Humedad (%)			
<b>Limite Liquido (%)</b>			

NO PLASTICO

**2.2. LIMITE PLASTICO**

PROCEDIMIENTO	Tara 01	Tara 02
Peso de Tara (gr)		
Peso de Tara (gr) + Suelo Húmedo (gr)		
Peso de Tara (gr) + Suelo Seco (gr)		
Peso de Agua (gr)		
Peso de Suelo Seco (gr)		
Contenido de Humedad (%)		
<b>Limite Plástico (%)</b>		

NO PLASTICO

**2.3. INDICE DE PLASTICIDAD (L.L – L.P) = NO PLASTICO**

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** COISHCO (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 18/04/2022

**CALICATA** : C-3

**MUESTRA:** M-1

**PROGRESIVA:** Km 442 + 300

**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

### **3) CLASIFICACION DE SUELOS**

#### **3.1. CLASIFICACION DE SUELOS POR EL SISTEMA AASHTO**

- % Pasa el tamiz N° 200 = 0.58
- Limite Plástico y Líquido = No Plástico
- % Pasa el tamiz N° 40 = 46.66
- Índice de Plasticidad (L.L – L.P) = No Plástico
- Índice de grupo:
- Índice de grupo:

$$I.G = 0.2 (a) + 0.005(ac) + 0.01(bd)$$

Dado que el suelo no presenta limite líquido, entonces  $I.G = 0$

En base a esto, este suelo se clasifica como **“A-1b (0)”- Fragmento de piedra, grava y arena** de acuerdo a AASHTO.

#### **3.2. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS)**

- Material que pasa la malla N° 200 (%) = 0.58
- Material grueso que pasa la malla N° 04 (%) = 76.22
- L. Líquido, L. Plástico e I. Plasticidad = No Plástico
- Coeficiente de Uniformidad = 5.328
- Coeficiente de Curvatura = 0.310
- En base al C.C y al C.U, es un suelo mal graduado.

En base a esto, este suelo se clasifica como **“SP” (Arena mal graduada, arena con grava, con poco o nada de finos)** de acuerdo a SUCS.

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** COISHCO (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 18/04/2022

**CALICATA :** C-3

**MUESTRA:** M-1

**PROGRESIVA:** Km 442 + 300

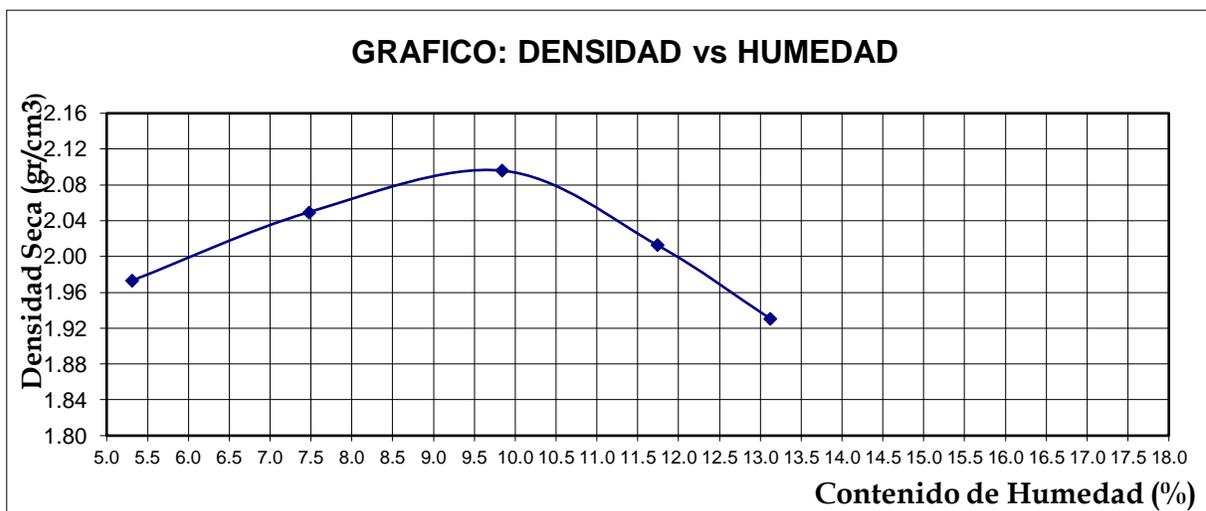
**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

**4. ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115 / ASTM D – 1557)**

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2161.00	2161.00	2161.00	2161.00	2161.00
2	Peso del molde (gr)	6560.00	6560.00	6560.00	6560.00	6560.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	11050.00	11320.00	11535.00	11420.00	11280.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	4490.00	4760.000	4975.000	4860.000	4720.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	2.078	2.203	2.302	2.249	2.184

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

6	Peso de la tara (gr)	22.28	22.24	22.25	22.31	22.31
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	66.53	64.52	74.94	71.80	72.41
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	64.30	61.58	70.22	66.60	66.60
9	Peso del agua (gr)	2.23	2.94	4.72	5.20	5.81
10	Peso del suelo seco (gr)	42.02	39.34	47.97	44.29	44.29
11	Contenido de humedad (%)	5.31	7.47	9.84	11.74	13.12
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.973	2.050	2.092	2.031	1.931



Densidad Seca Max. (gr/cm <sup>3</sup> ):	<b>2.09</b>
Optimo Contenido de Humedad (%):	<b>9.80</b>



**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

TESISTA(S): BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

UBICACIÓN: COISHCO (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

FECHA: 18/04/2022

CALICATA : C-3

MUESTRA: M-1

PROGRESIVA: Km 442 + 300

PROFUNDIDAD: 1.50 m

**5. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R) – (ASTM D – 1883)**

**e) Ensayo preliminar de Proctor Modificado:**

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.09
Optimo Contenido de Humedad (%)	9.80

**f) Compactación de los moldes CBR:**

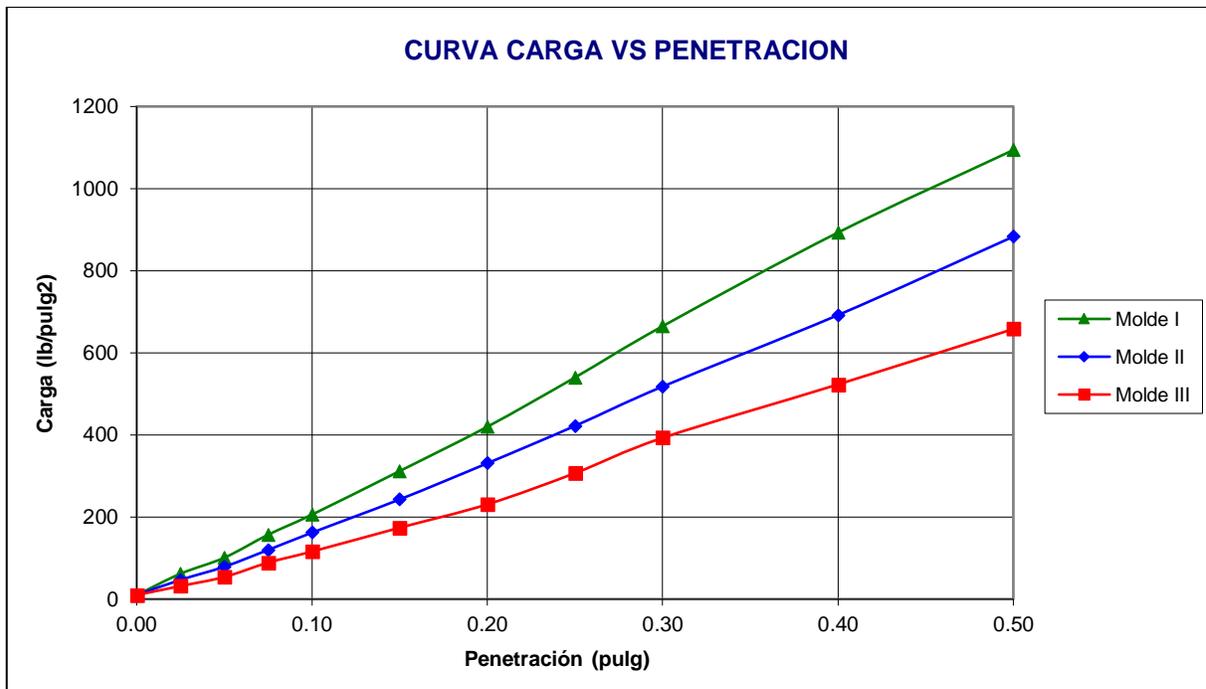
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
N° de golpes por capa	55	26	12
1 Peso del molde + suelo compactado [gr]	13435.00	12955.00	13295.00
2 Peso del molde [gr]	8545.00	8215.00	8900.00
3 Peso de suelo compactado [gr]	4890.00	4740.00	4395.00
4 Volumen de molde [cm <sup>3</sup> ]	2152.00	2152.00	2152.00
5 Densidad húmeda [gr/cm <sup>3</sup> ]	2.27	2.20	2.04

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

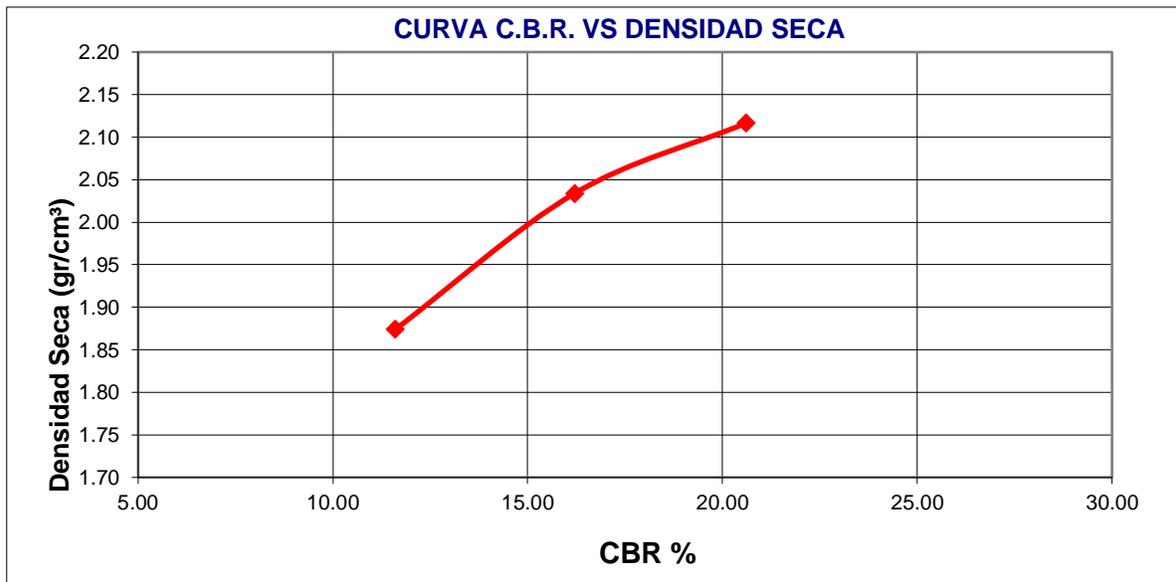
Tara N°	1	2	3
6 Peso de la tara, [gr]	22.08	22.24	21.83
7 Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	64.75	60.30	67.90
8 Peso de la tara + suelo seco, [gr]	61.82	57.38	64.10
9 Peso del agua, [gr]	2.93	2.92	3.80
10 Peso del suelo seco, [gr]	39.74	35.14	42.27
11 Contenido de humedad, [%]	7.37	8.31	8.99
12 Densidad seca de la muestra, [gr/cm <sup>3</sup> ]	<b>2.116</b>	<b>2.034</b>	<b>1.874</b>

**c) Prueba de penetración:**

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		21.0	62	15.0	47	9.0	32
0.050		37.0	101	28.0	79	18.0	54
0.075		60.0	157	45.0	120	32.0	89
<b>0.100</b>	<b>1000</b>	<b>80.0</b>	<b>206</b>	<b>62.0</b>	<b>162</b>	<b>43.0</b>	<b>116</b>
0.150		123.0	312	95.0	243	67.0	174
0.200	1500	167.0	420	131.0	331	90.0	231
0.250		216.0	540	168.0	422	121.0	307
0.300	1900	267.0	665	207.0	518	156.0	393
0.400	2300	360.0	893	278.0	692	209.0	523
0.500	2600	442.0	1094	356.0	883	264.0	658



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)
I	0.1	206.0	1000	20.60
II	0.1	162.0	1000	16.20
III	0.1	116.0	1000	11.60



CBR 0.1" DE PENETRACION A 100% MDS (2.09 gr/cm³)	19.00 %
<b>CBR 0.1" DE PENETRACION A 95 % MDS (1.98 gr/cm³)</b>	<b>14.00 %</b>

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** CHIMBOTE (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 04/05/2022

**CALICATA :** C-4

**MUESTRA:** M-1

**PROGRESIVA:** Km 440 + 500

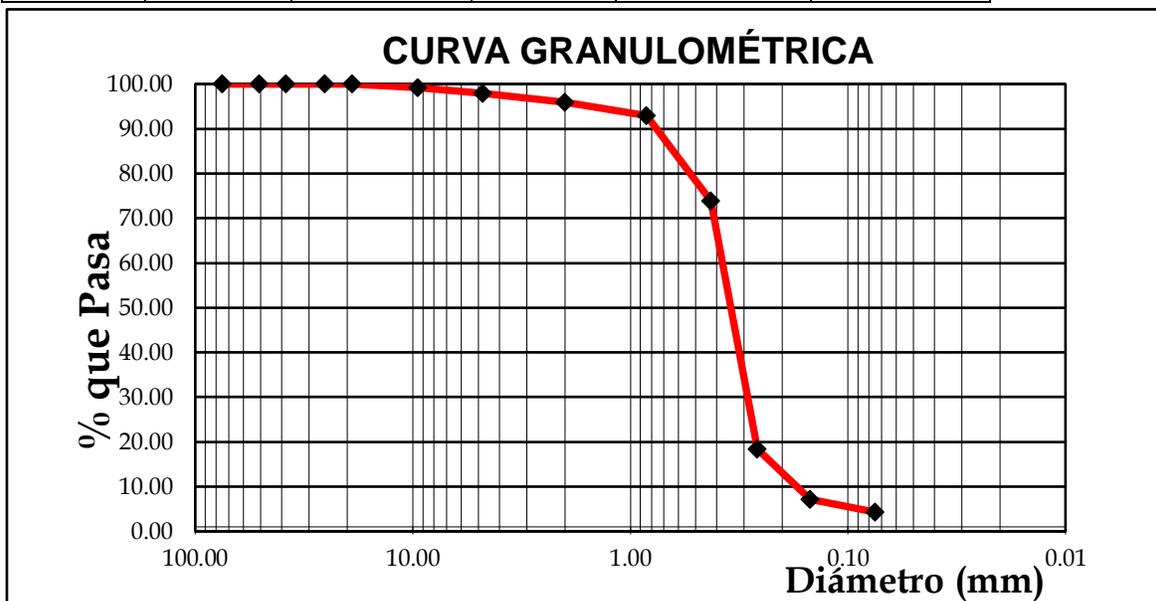
**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

**1) ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM) D – 422)**

Peso inicial seco (gr)	470.55
Peso lavado y seco (gr)	450.08

C. Uniformidad	2.186
C. Curvatura	1.285

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% Que Pasa
3"	75.000	0.000	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.000	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.000	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	4.000	0.85	0.85	99.15
N° 04	4.760	6.000	1.28	2.13	97.87
N° 10	2.000	9.000	1.91	4.04	95.96
N° 20	0.840	14.000	2.98	7.01	92.99
N° 40	0.425	89.700	19.06	26.08	73.92
N° 60	0.260	261.160	55.50	81.58	18.42
N° 100	0.149	53.320	11.33	92.91	7.09
N° 200	0.075	13.120	2.79	95.70	4.30
Cazoleta		20.250	4.30	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>470.550</b>	<b>100.00</b>		



<b>% GRAVAS = 2.13</b>	<b>% ARENAS = 93.57</b>	<b>% FINOS = 4.30</b>
------------------------	-------------------------	-----------------------

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA , ANCASH 2022”**

TESISTA(S): BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

UBICACIÓN: CHIMBOTE (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

FECHA: 04/05/2022

CALICATA : C-4

MUESTRA: M-1

PROGRESIVA: Km 440 + 500

PROFUNDIDAD: 1.50 m

**1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD**

Procedimiento	TARA 1	TARA 2	TARA 3
Peso de Tara (gr.)	75.51	88.15	92.68
Peso de Muestra Húmeda + Tara (gr.)	412.10	421.84	504.76
Peso de Muestra Húmeda (gr.)	336.59	333.69	412.08
Peso de Muestra Seca +Tara (gr.)	408.91	418.61	500.54
Peso de Muestra Seca (gr.)	333.40	330.46	407.86
Peso de Contenido de Agua (gr.)	3.19	3.23	4.22
Contenido de Humedad %	0.96	0.98	1.03
<b>Contenido de Humedad promedio (%)</b>	<b>0.99</b>		

**2) LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBERG (ASTM- D4318)**

**2.1. LIMITE LIQUIDO**

PROCEDIMIENTO	Tara 01	Tara 02	Tara 03
Nro. de Golpes			
Peso de Tara (gr)			
Peso de Tara (gr) + Suelo Humedo (gr)	<b>NO PLASTICO</b>		
Peso de Tara (gr) + Suelo Seco (gr)			
Peso de Agua (gr)			
Peso de Suelo Seco (gr)			
Contenido de Humedad (%)			
<b>Limite Liquido (%)</b>			

**2.2. LIMITE PLASTICO**

PROCEDIMIENTO	Tara 01	Tara 02
Peso de Tara (gr)		
Peso de Tara (gr) + Suelo Humedo (gr)	<b>NO PLASTICO</b>	
Peso de Tara (gr) + Suelo Seco (gr)		
Peso de Agua (gr)		
Peso de Suelo Seco (gr)		
Contenido de Humedad (%)		
<b>Limite Plastico (%)</b>		

**2.3. INDICE DE PLASTICIDAD (L.L – L.P)**

- NO PLASTICO

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** CHIMBOTE (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 04/05/2022

**CALICATA :** C-4

**MUESTRA:** M-1

**PROGRESIVA:** Km 440 + 500

**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

### **3) CLASIFICACION DE SUELOS**

#### **3.1. CLASIFICACION DE SUELOS POR EL SISTEMA AASHTO**

- % Pasa el tamiz N° 200 = 4.30                      - L. Plástico y L. Líquido = No Plástico
- % Pasa el tamiz N° 40 = 73.92                    - I. Plasticidad (L.L – L.P) = No Plástico
- Índice de grupo:

$$I.G = 0.2 (a) + 0.005(ac) + 0.01(bd)$$

Dado que el suelo no presenta límite líquido, entonces  $I.G = 0$

En base a esto, este suelo se clasifica como **“A-3 (0)” - Arena fina**, de acuerdo a AASHTO.

#### **3.2. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS)**

- Material que pasa la malla N° 200 (%) = 4.30
- Material grueso que pasa la malla N° 04 (%) = 97.87
- L. Líquido, L. Plástico e I. Plasticidad = No Plástico
- Coeficiente de Uniformidad        = 2.186
- Coeficiente de Curvatura            = 1.285
- En base al C.C y al C.U, es un suelo mal graduado.

En base a esto, este suelo se clasifica como **“ SP ” (Arena mal graduada, arena con grava, con poco o nada de finos)** de acuerdo a SUCS.

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA , ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** CHIMBOTE (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 04/05/2022

**CALICATA :** C-4

**MUESTRA:** M-1

**PROGRESIVA:** Km 440 + 500

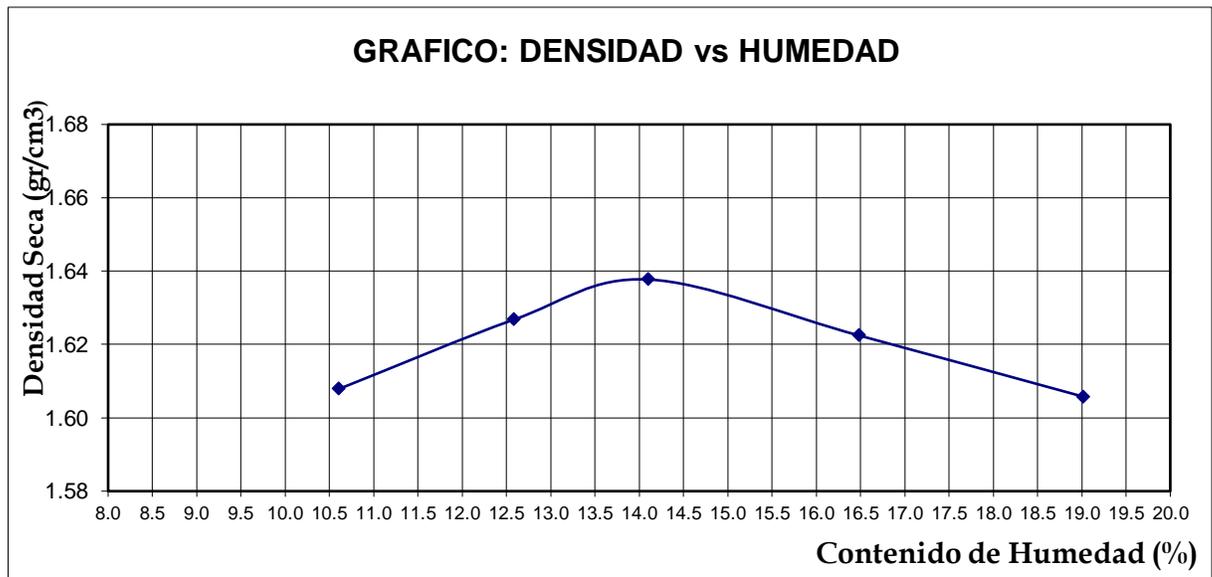
**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

**4) ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115 / ASTM D – 155)**

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	941.840	941.840	941.840	941.840	941.840
2	Peso del molde (gr)	3555.00	3555.00	3555.00	3555.00	3555.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	5230.00	5280.00	5315.00	5335.00	5355.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	1675.00	1725.00	1760.00	1780.00	1800.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.778	1.832	1.869	1.890	1.938

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

6	Peso de la tara (gr)	22.22	22.18	22.11	22.27	22.25
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	60.80	68.34	74.70	57.88	57.20
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	57.10	63.18	68.20	52.84	51.62
9	Peso del agua (gr)	3.70	5.16	6.50	5.04	5.59
10	Peso del suelo seco (gr)	34.88	41.00	46.09	30.57	29.37
11	Contenido de humedad (%)	10.61	12.59	14.49	16.49	19.02
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.608	1.627	1.638	1.622	1.606



Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ):	<b>1.637</b>
Optimo Contenido de Humedad (%):	<b>14.10</b>

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** CHIMBOTE (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 04/05/2022

**CALICATA** : C-4

**MUESTRA:** M-1

**PROGRESIVA:** Km 440 + 500

**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

**5. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R) – (ASTM D – 1883)**

**a) Ensayo preliminar de Proctor Modificado:**

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.637
Optimo Contenido de Humedad (%)	14.10

**b) Compactación de los moldes CBR:**

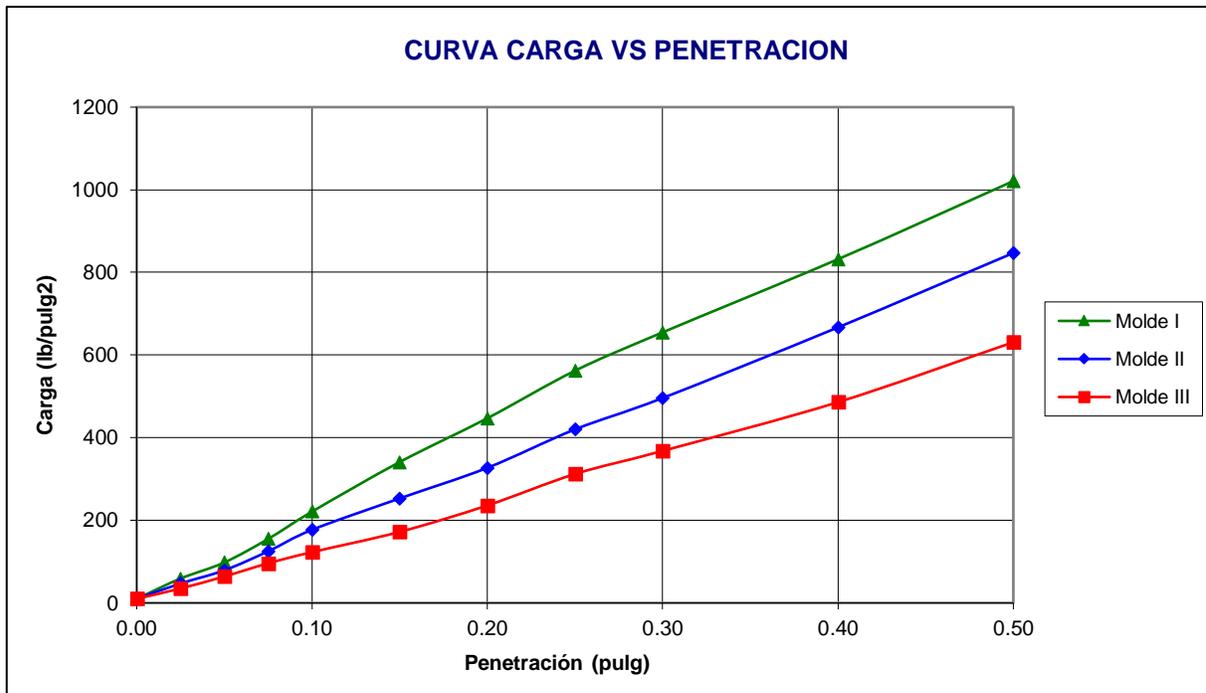
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
N° de golpes por capa	55	26	12
1 Peso del molde + suelo compactado [gr]	12740.00	12490.00	12230.00
2 Peso del molde [gr]	8530.00	8530.00	8530.00
3 Peso de suelo compactado [gr]	4210.00	3960.00	3700.00
4 Volumen de molde [cm <sup>3</sup> ]	2096.00	2096.00	2096.00
5 Densidad húmeda [gr/cm <sup>3</sup> ]	2.01	1.89	1.77

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

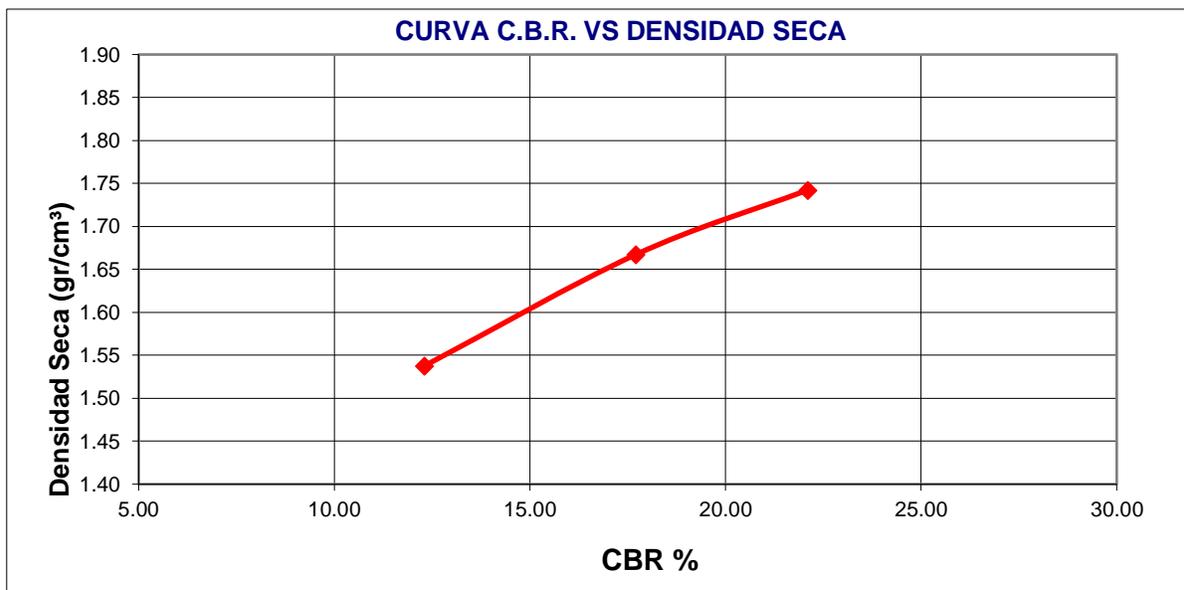
Tara N°	1	2	3
6 Peso de la tara, [gr]	22.40	22.25	22.46
7 Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	58.60	63.05	68.20
8 Peso de la tara + suelo seco, [gr]	53.80	58.25	62.30
9 Peso del agua, [gr]	4.80	4.79	5.90
10 Peso del suelo seco, [gr]	31.40	36.00	39.84
11 Contenido de humedad, [%]	15.29	13.33	14.81
12 Densidad seca de la muestra, [gr/cm <sup>3</sup> ]	<b>1.742</b>	<b>1.667</b>	<b>1.538</b>

**c) Prueba de penetración:**

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		20.0	59	15.0	47	10.0	35
0.050		36.0	98	28.0	79	22.0	64
0.075		59.0	155	47.0	125	35.0	96
0.100	1000	86.0	221	68.0	177	46.0	123
0.150		135.0	341	99.0	253	66.0	172
0.200	1500	178.0	447	129.0	327	92.0	236
0.250		225.0	562	167.0	420	123.0	312
0.300	1900	263.0	655	198.0	496	146.0	368
0.400	2300	335.0	832	268.0	667	194.0	486
0.500	2600	412.0	1021	341.0	847	253.0	631



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)
I	0.1	221.0	1000	22.10
II	0.1	177.0	1000	17.70
III	0.1	123.0	1000	12.30



CBR 0.1" DE PENETRACION A 100% MDS (1.637 gr/cm³)	17.00 %
<b>CBR 0.1" DE PENETRACION A 95 % MDS (1.55 gr/cm³)</b>	<b>13.00 %</b>

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** COISHCO (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 20/05/2022

**CALICATA : C-5**

**MUESTRA:** M-1

**PROGRESIVA:** Km 443 + 400

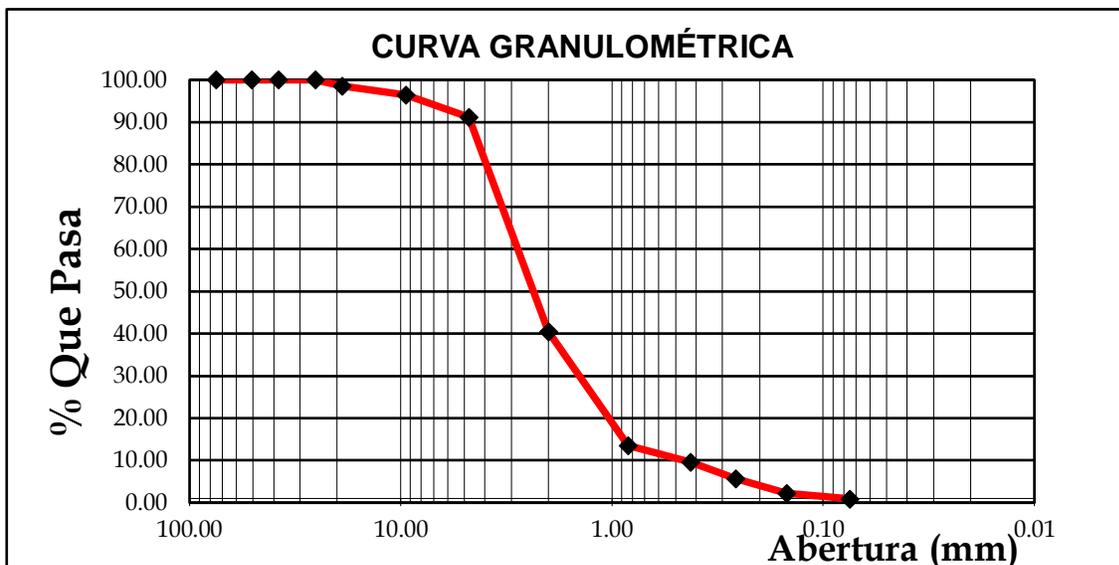
**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

**5) ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM) D – 422)**

Peso inicial seco (gr)	1150.00
Peso lavado y seco (gr)	1359.23

C. Uniformidad	5.119
C. Curvatura	1.598

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% Que Pasa
3"	75.000	0.000	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.000	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	15.65	1.36	1.36	98.64
3/8"	9.500	25.78	2.24	3.60	96.40
N° 04	4.760	59.53	5.18	8.78	91.22
N° 10	2.000	583.90	50.77	59.55	40.45
N° 20	0.840	309.10	26.87	86.42	13.58
N° 40	0.425	45.94	3.99	90.42	9.58
N° 60	0.260	44.95	3.91	94.33	5.67
N° 100	0.149	39.68	3.45	97.78	2.22
N° 200	0.075	14.79	1.29	99.06	0.94
Cazoleta		10.77	0.94	100.00	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>1150.00</b>	<b>100.00</b>		



<b>% GRAVAS = 8.78</b>	<b>% ARENAS = 90.28</b>	<b>% FINOS = 0.94</b>
------------------------	-------------------------	-----------------------

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA , ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** COISHCO (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 20/05/2022

**CALICATA :** C-5

**MUESTRA:** M-1

**PROGRESIVA:** Km 443 + 400

**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

**1.1) CONTENIDO DE NUMEDAD**

Procedimiento	TARA 1	TARA 2	TARA 3
Peso de Tara (gr.)	60.34	85.00	85.25
Peso de Muestra Húmeda + Tara (gr.)	269.56	287.45	250.90
Peso de Muestra Húmeda (gr.)	209.22	202.45	165.65
Peso de Muestra Seca + Tara (gr.)	257.22	275.90	240.12
Peso de Muestra Seca (gr.)	196.89	190.90	154.87
Peso de Contenido de Agua (gr.)	12.33	11.55	10.78
Contenido de Humedad %	6.26	6.05	6.96
<b>Contenido de Humedad promedio (%)</b>	<b>6.42</b>		

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

**2.1. LIMITE LIQUIDO**

PROCEDIMIENTO	Tara 01	Tara 02	Tara 03
Nro. de Golpes			
Peso de Tara (gr)			
Peso de Tara (gr) + Suelo Húmedo (gr)	<b>NO PLASTICO</b>		
Peso de Tara (gr) + Suelo Seco (gr)			
Peso de Agua (gr)			
Peso de Suelo Seco (gr)			
Contenido de Humedad (%)			
<b>Limite Liquido (%)</b>			

**2.2. LIMITE PLASTICO**

PROCEDIMIENTO	Tara 01	Tara 02
Peso de Tara (gr)		
Peso de Tara (gr) + Suelo Húmedo (gr)	<b>NO PLASTICO</b>	
Peso de Tara (gr) + Suelo Seco (gr)		
Peso de Agua (gr)		
Peso de Suelo Seco (gr)		
Contenido de Humedad (%)		
<b>Limite Plástico (%)</b>		

**2.3. INDICE DE PLASTICIDAD (L.L – L.P)**

**- NO PLASTICO**

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** COISHCO (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 20/05/2022

**CALICATA :** C-5

**MUESTRA:** M-1

**PROGRESIVA:** Km 443 + 400

**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

### **3. CLASIFICACION DE SUELOS**

#### **3.1. CLASIFICACION DE SUELOS POR EL SISTEMA AASHTO**

- % Pasa el tamiz N° 200 = 0.94      - L. Plástico y L. Limite = No Plástico
- % Pasa el tamiz N° 40 = 63.42      - I. Plasticidad (L.L – L.P) = No Plástico
- Índice de grupo:

$$I.G = 0.2 (a) + 0.005(ac) + 0.01(bd) = 0.00$$

En base a esto, este suelo se clasifica como **“A1-b (0)” (Fragmento de piedra, grava y arena)** de acuerdo a AASHTO.

#### **3.2. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS)**

- Material que pasa la malla N° 200 (%) = 0.94
- Material grueso que pasa la malla N° 04 (%) = 91.22
- L.L , L.P e I.P = NO PLASTICO
- Coeficiente de Uniformidad = 5.119
- Coeficiente de Curvatura = 1.589
- En base al C.C y al C.U, es un suelo mal graduado.

En base a esto, este suelo se clasifica como **“SP” (Arena mal graduada, arena con grava, con poco o nada de finos)** de acuerdo a SUCS

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA , ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** COISHCO (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 20/05/2022

**CALICATA :** C-5

**MUESTRA:** M-1

**PROGRESIVA:** Km 443 + 400

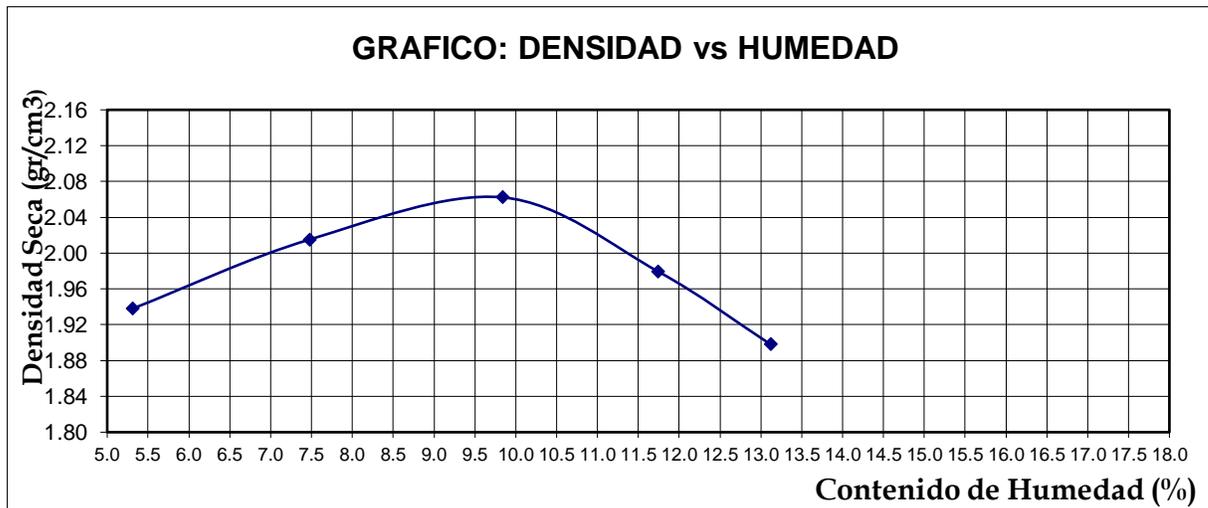
**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

**4. ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115 / ASTM D – 155)**

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2161.00	2161.00	2161.00	2161.00	2162.00
2	Peso del molde (gr)	6560.00	6560.00	6560.00	6560.00	6560.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	10970.00	11240.00	11455.00	11340.00	11200.0
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	3980.00	4130.00	4258.00	4205.00	4640.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.877	1.948	2.008	1.983	2.147

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

6	Peso de la tara (gr)	22.280	22.240	22.250	22.310	22.310
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	66.53	64.52	74.94	71.80	72.41
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	64.300	61.580	70.220	66.600	66.600
9	Peso del agua (gr)	2.230	2.940	4.720	5.200	5.810
10	Peso del suelo seco (gr)	42.020	39.340	47.970	44.290	44.290
11	Contenido de humedad (%)	5.307	7.473	9.839	11.741	13.118
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.938	2.015	2.062	1.980	1.898



Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ):	<b>2.06</b>
Optimo Contenido de Humedad (%):	<b>9.06</b>

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

TESISTA(S): BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

UBICACIÓN: COISHCO (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

FECHA: 20/05/2022

CALICATA : C-5

MUESTRA: M-1

PROGRESIVA: Km 443 + 400

PROFUNDIDAD: 1.50 m

**5. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R) – (ASTM D – 1883)**

**a) Ensayo preliminar de Proctor Modificado:**

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.06
Optimo Contenido de Humedad (%)	9.06

**b) Compactación de los moldes CBR:**

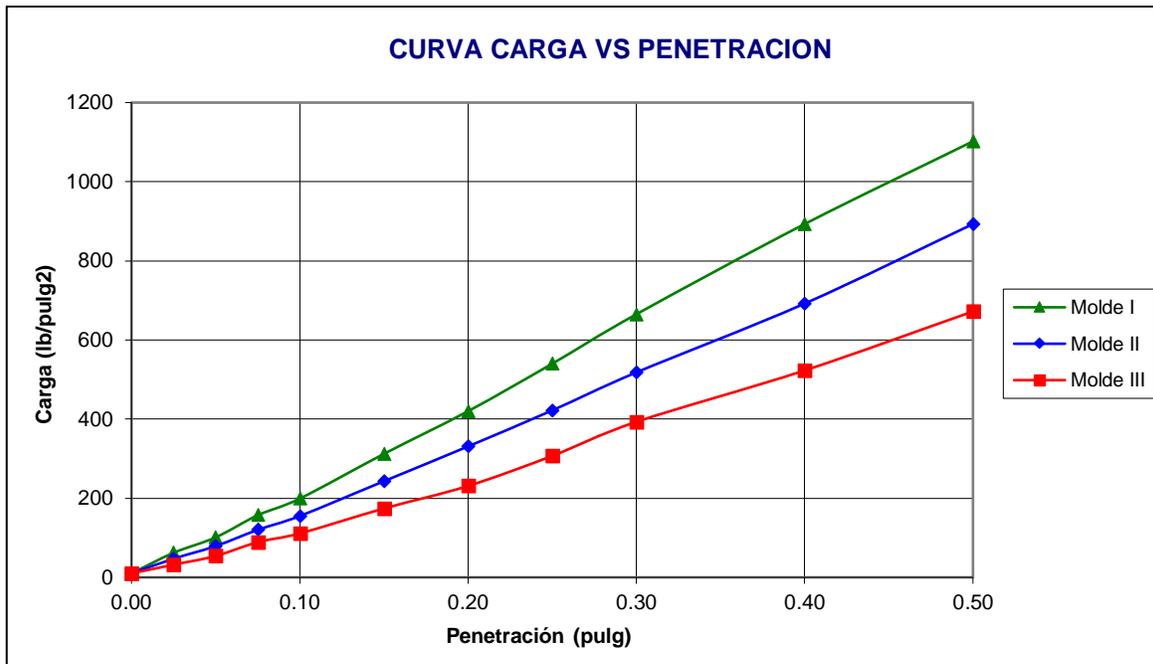
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
N° de golpes por capa	55	26	12
1 Peso del molde + suelo compactado [gr]	13440.00	12950.00	13290.00
2 Peso del molde [gr]	8545.00.00	8215.00	8900.00
3 Peso de suelo compactado [gr]	4895.00	4735.00	4390.00
4 Volumen de molde [cm <sup>3</sup> ]	2152.00	2152.00	2152.00
5 Densidad húmeda [gr/cm <sup>3</sup> ]	2.26	2.19	2.03

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

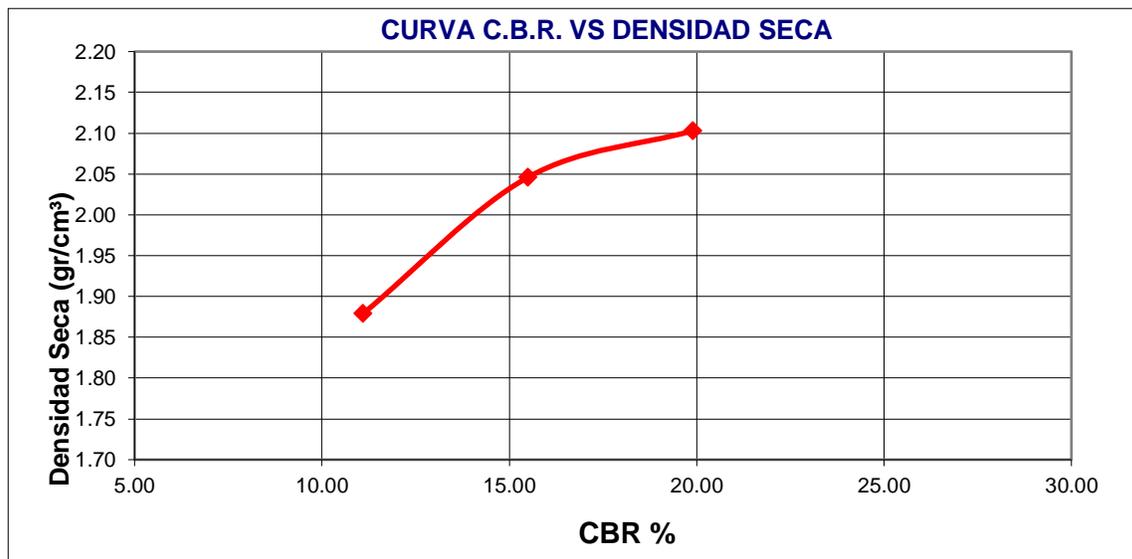
Tara N°	1	2	3
6 Peso de la tara, [gr]	22.08	22.24	21.83
7 Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	64.75	60.30	67.90
8 Peso de la tara + suelo seco, [gr]	61.82	57.38	64.10
9 Peso del agua, [gr]	2.39	2.92	3.80
10 Peso del suelo seco, [gr]	39.74	35.14	42.27
11 Contenido de humedad, [%]	7.37	8.31	8.99
12 Densidad seca de la muestra, [gr/cm <sup>3</sup> ]	<b>2.103</b>	<b>2.046</b>	<b>1.879</b>

**c) Prueba de penetración:**

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		21.0	62	15.0	47	9.0	32
0.050		37.0	101	28.0	79	18.0	54
0.075		60.0	157	45.0	120	32.0	89
0.100	1000	77.0	199	59.0	155	41.0	111
0.150		123.0	312	95.0	243	67.0	174
0.200	1500	167.0	420	131.0	331	90.0	231
0.250		216.0	540	168.0	422	121.0	307
0.300	1900	267.0	665	207.0	518	156.0	393
0.400	2300	360.0	893	278.0	692	209.0	523
0.500	2600	445.0	1102	360.0	893	270.0	672



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión patron (lb/pulg²)	C.B.R. (%)
I	0.1	199.0	1000	19.90
II	0.1	155.0	1000	15.50
III	0.1	111.	1000	11.10



CBR 0.1" DE PENETRACION A 100% MDS (2.06 gr/cm³)	16.00 %
CBR 0.1" DE PENETRACION A 95 % MDS (1.98 gr/cm³)	13.50 %



**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

TESISTA(S): BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

UBICACIÓN: SANTA (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

FECHA: 07/06/2022

**CALICATA : C-6**

MUESTRA: M-1

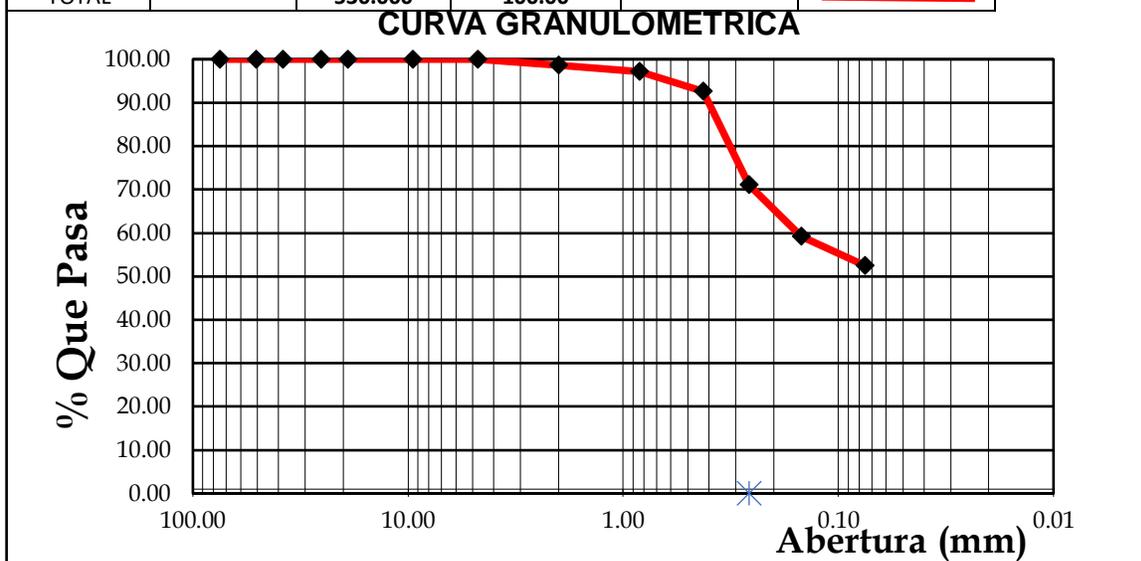
**PROGRESIVA: Km 443 + 100**

PROFUNDIDAD: 1.50 m

**6. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM) D – 422)**

Peso inicial seco (gr)	530.00
Peso lavado y seco (gr)	252.00

Mallas	Abertura (mm)	Peso Retenido (gr)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	% Que Pasa
3"	75.000	0.000	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.000	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.000	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.500	0.000	0.00	0.00	100.00
N° 04	4.760	0.000	0.00	0.00	100.00
N° 10	2.000	7.660	1.45	1.45	98.55
N° 20	0.840	7.730	1.46	2.90	97.10
N° 40	0.425	24.090	4.55	7.45	92.55
N° 60	0.260	114.020	21.51	28.96	71.04
N° 100	0.149	62.990	11.88	40.85	59.15
N° 200	0.075	35.510	6.70	47.55	52.45
Cazoleta		278.000	52.45	100.00	0.00
TOTAL		<b>530.000</b>	<b>100.00</b>		



<b>% GRAVAS = 0.00</b>	<b>% ARENAS = 47.55</b>	<b>% FINOS = 52.45</b>
------------------------	-------------------------	------------------------



**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA , ANCASH 2022”**

TESISTA(S): BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

UBICACIÓN: CHIMBOTE (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

FECHA: 07/06/2022

CALICATA : C-6

MUESTRA: M-1

PROGRESIVA: Km 443 + 100

PROFUNDIDAD: 1.50 m

**1.1) CONTENIDO DE NUMEDAD**

Procedimiento	TARA 1	TARA 2	TARA 3
Peso de Tara (gr.)	97.80	92.04	96.95
Peso de Muestra Húmeda + Tara (gr.)	264.10	260.34	300.31
Peso de Muestra Húmeda (gr.)	166.30	168.30	203.36
Peso de Muestra Seca +Tara (gr.)	250.12	245.56	283.18
Peso de Muestra Seca (gr.)	152.32	153.52	186.23
Peso de Contenido de Agua (gr.)	13.98	14.78	17.13
Contenido de Humedad %	9.18	9.63	9.20
<b>Contenido de Humedad promedio (%)</b>	<b>9.33</b>		

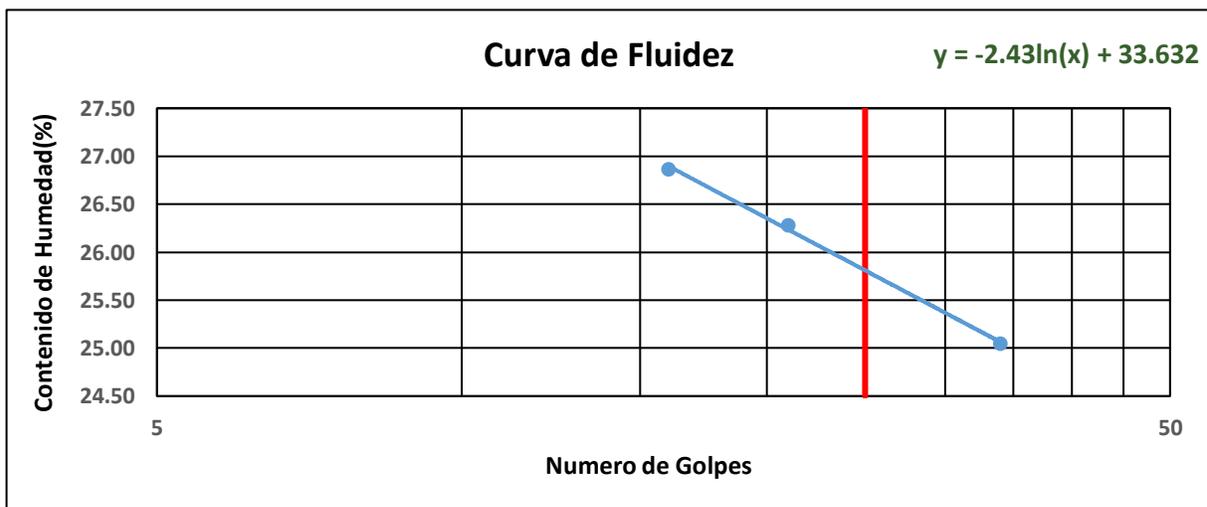
**2. LIMITES DE CONSISTENCIA DE ATTERBERG (ASTM- D4318)**

**2.1. LIMITE LIQUIDO**

**2.2. LIMITE PLASTICO**

PROCEDIMIENTO	Tara 01	Tara 02	Tara 03
Nro. de Golpes	34	21	16
Peso de Tara (gr)	22.29	22.40	22.11
P. de Tara + Suelo Húmedo (gr)	42.36	40.90	41.66
P de Tara + Suelo Seco (gr)	38.34	37.05	37.52
Peso de Agua (gr)	4.02	3.85	4.14
Peso de Suelo Seco (gr)	16.05	14.65	15.41
Contenido de Humedad (%)	25.05	26.28	26.87
<b>Limite Liquido (%)</b>	<b>25.81</b>		

PROCEDIMIENTO	Tara 01	Tara 02
Peso de Tara (gr)	13.87	13.66
P. de Tara + Suelo Húmedo (gr)	20.30	20.37
P. de Tara + Suelo Seco (gr)	19.43	19.44
Peso de Agua (gr)	0.87	0.93
Peso de Suelo Seco (gr)	5.56	5.78
Contenido de Humedad (%)	15.65	16.09
<b>Limite Plástico (%)</b>	<b>15.87</b>	



**2.3. INDICE DE PLASTICIDAD (L.L – L.P) = 25.81 – 15.87 = 9.94**

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

TESISTA(S): BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

UBICACIÓN: CHIMBOTE (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

FECHA: 07/06/2022

CALICATA : C-6

MUESTRA: M-1

PROGRESIVA: Km 443 + 100

PROFUNDIDAD: 1.50 m

### 3. CLASIFICACION DE SUELOS

#### 3.1. CLASIFICACION DE SUELOS POR EL SISTEMA AASHTO

- % Pasa el tamiz N° 200 = 52.45      - Limite Liquido = 25.81      - Limite Plástico = 15.87

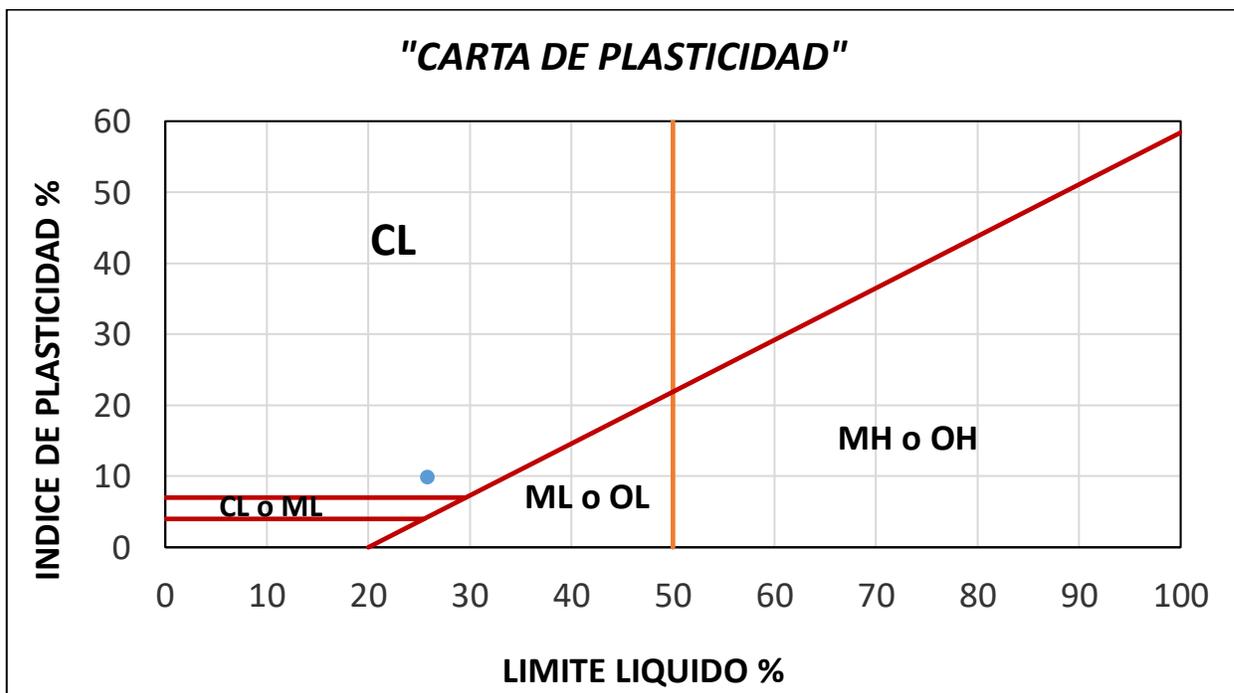
- % Pasa el tamiz N° 40 = 92.55      - Índice de Plasticidad (L.L – L.P) = 9.94

- Índice de grupo:  $I.G = 0.2(a) + 0.005(ac) + 0.01(bd) = 3.49 \approx 4.00$

En base a esto, este suelo se clasifica como **“A-4 (4)”**, Suelo Limoso, de acuerdo a AASHTO.

#### 3.2. SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS)

- % Pasa el tamiz N° 200 = 52.45      - Limite Liquido = 25.81      - Índice de Plasticidad= 9.94



En base a esto, este suelo se clasifica como **“CL”** (Arcilla inorgánica de baja o media plasticidad, arcilla con grava, arcilla arenosa arcilla limosa, arcilla pobre) de acuerdo a SUCS.

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA , ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** CHIMBOTE (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 07/06/2022

**CALICATA :** C-06

**MUESTRA:** M-1

**PROGRESIVA:** Km 443 + 100

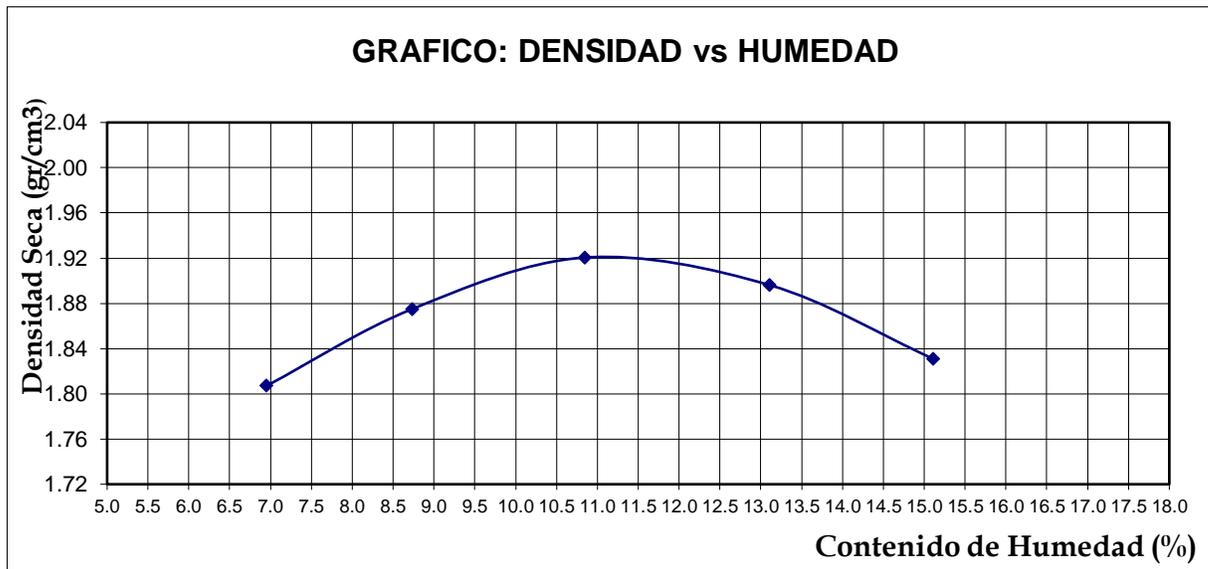
**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

**4. ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115 / ASTM D – 155)**

PUNTO No.		I	II	III	IV	V
MOLDE No.		1	1	1	1	1
1	Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	941.840	941.840	941.840	941.840	941.840
2	Peso del molde (gr)	3555.00	3555.00	3555.00	3555.00	3555.00
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	5370.00	5470.00	5555.00	5570.00	5535.00
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	1820.00	1920.00	2005.00	2020.00	1985.00
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.932	2.039	2.129	2.145	2.108

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

6	Peso de la tara (gr)	21.75	22.36	22.22	22.50	22.11
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	50.54	52.25	48.08	47.96	41.00
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	48.67	49.85	45.55	45.01	38.52
9	Peso del agua (gr)	1.87	2.40	2.53	2.95	2.48
10	Peso del suelo seco (gr)	26.92	27.49	23.33	22.51	16.41
11	Contenido de humedad (%)	6.95	8.73	10.84	13.11	15.12
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm <sup>3</sup> )	1.807	1.875	1.921	1.896	1.831



Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> ):	<b>1.92</b>
Optimo Contenido de Humedad (%):	<b>10.80</b>

**PROYECTO: “DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE UTILIZANDO EL SISTEMA BITUFOR COMO MEDIDA SUSTENTABLE EN LA CARRETERA PANAMERICANA CHIMBOTE – SANTA, ANCASH 2022”**

**TESISTA(S):** BACH. ALVA VELASQUEZ BRAYAN PAUL / BACH. REBAZA NARRO ELVIS LEYTER

**UBICACIÓN:** CHIMBOTE (CARRETERA PANAMERICANA NORTE)

**FECHA:** 20/06/2022

**CALICATA** : C-6

**MUESTRA:** M-1

**PROGRESIVA:** Km 440 + 500

**PROFUNDIDAD:** 1.50 m

**5. ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R) – (ASTM D – 1883)**

**c) Ensayo preliminar de Proctor Modificado:**

Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.92
Optimo Contenido de Humedad (%)	10.80

**d) Compactación de los moldes CBR:**

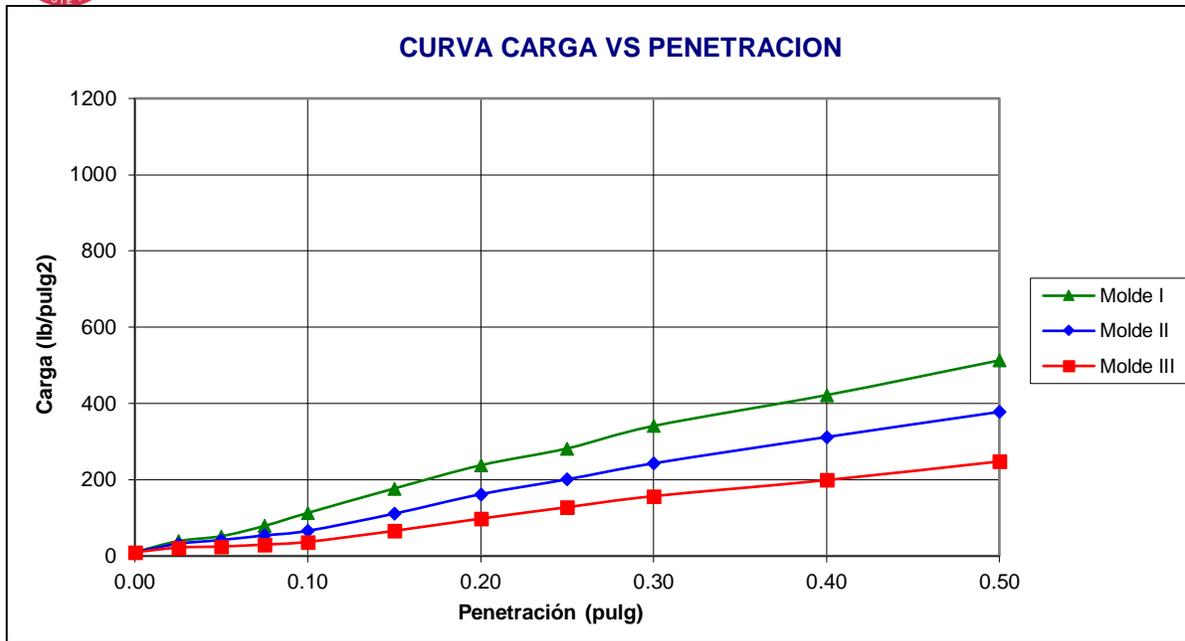
Molde N°	I	II	III
N° de capas	5	5	5
N° de golpes por capa	55	26	12
1 Peso del molde + suelo compactado [gr]	13000.00	12740.00	13555.00
2 Peso del molde [gr]	8530.00	8530.00	8530.00
3 Peso de suelo compactado [gr]	4470.00	4210.00	4025.00
4 Volumen de molde [cm <sup>3</sup> ]	2096.00	2096.00	2096.00
5 Densidad húmeda [gr/cm <sup>3</sup> ]	2.12	1.99	1.92

**CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA**

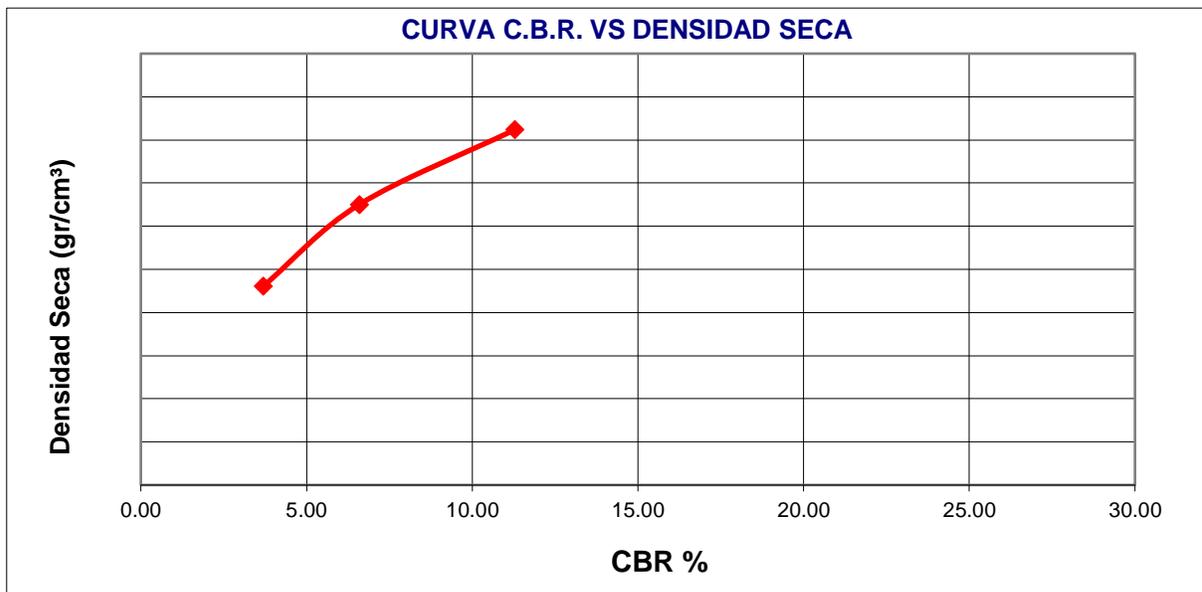
Tara N°	1	2	3
6 Peso de la tara, [gr]	24.26	25.32	25.41
7 Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]	67.35	65.20	65.90
8 Peso de la tara + suelo seco, [gr]	63.12	61.90	61.90
9 Peso del agua, [gr]	4.23	3.30	4.00
10 Peso del suelo seco, [gr]	38.86	36.57	36.50
11 Contenido de humedad, [%]	10.86	9.02	10.96
12 Densidad seca de la muestra, [gr/cm <sup>3</sup> ]	<b>1.912</b>	<b>1.825</b>	<b>1.731</b>

**c) Prueba de penetración:**

Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg <sup>2</sup> )	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
		Dial	Presión	Dial	Presión	Dial	Presión
0.000		0.0	10	0.0	10	0.0	10
0.025		12.0	39	9.0	32	5.0	22
0.050		17.0	52	13.0	42	6.0	25
0.075		28.0	79	18.0	54	8.0	30
0.100	1000	42.0	113	23.0	66	11.0	37
0.150		68.0	177	41.0	111	23.0	66
0.200	1500	93.0	238	62.0	162	36.0	98
0.250		111.0	282	78.0	201	48.0	128
0.300	1900	135.0	341	95.0	243	60.0	157
0.400	2300	168.0	422	123.0	312	77.0	199
0.500	2600	205.0	513	150.0	378	97.0	248



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión patron (lb/pulg²)	C.B.R. (%)
I	0.1	113.0	1000	11.30
II	0.1	66.0	1000	6.60
III	0.1	37.0	1000	3.70



CBR 0.1" DE PENETRACION A 100% MDS (1.92 gr/cm3)	11.50 %
<b>CBR 0.1" DE PENETRACION A 95 % MDS (1.80 gr/cm3)</b>	<b>5.80 %</b>

# Anexo 4. Panel Fotográfico



Foto N° 01: Reconocimiento del kilometraje de la muestra en estudio



Foto N° 02: Estudio de tráfico para el cálculo del IMDA



Foto N° 03: Presencia de camión tipo C4 en la Carretera Panamericana



Foto N° 04: Presencia de semitrayler tipo T2S3 en la Carretera Panamericana



Foto N° 05: Presencia de semitrayer tipo T2S2 en la Carretera Panamericana



Foto N° 06: Conteo por tipo de vehículo realizado a diferentes horas



Foto N° 07: Excavación para la C-1, h =1.50m (Referencia: Chimbote)



Foto N° 08 : Excavación para la C-02, h =1.50m (Referencia: Santa )



Foto N° 09 : Excavación para la C-3, h =1.50m (Referencia: Coishco )



Foto N° 10 : Excavación para la C-4, h =1.50m (Referencia: Chimbote )



Foto N° 11 : Excavación para la C-05, h =1.50m ( Referencia: Coishco)



Foto N° 12 : Excavación para la C-06, h =1.50m (Referencia: Santa)



Foto N° 13: Tomas de muestra para el ensayo de contenido de humedad



Foto N° 14 : Pesaje de muestra para determinación del contenido de humedad



Foto N° 15 : Ensayo de análisis granulométrico por vía húmeda



Foto N° 16 : Secado de la muestra para el análisis granulométrico por vía seca



Foto N° 17 : Determinación del Límite Líquido del suelo con la Copa de Casagrande



Foto N° 18 : Determinación del Límite Plástico para las distintas muestras de suelo



Foto N° 19 : Molde, equipos y herramientas para el ensayo Proctor Modificado



Foto N° 20 : Preparación de los especímenes a diferentes porcentajes de humedad



Foto N° 21 : Compactación de muestras en el molde de Proctor Modificado



Foto N° 22 : Pesaje de molde y muestra compactada del ensayo proctor modificado



Foto N° 23 : Compactación de muestras para el ensayo de CBR



Foto N° 24 : Pesaje de molde y muestra compactada para el ensayo de CBR



Foto N° 25 : Sumersión de los moldes CBR por un periodo de 96 horas.



Foto N° 26: Maquina Multiusos Automática Computarizada para el ensayo de CBR



Foto N° 27: Deterioro o falla estructural denominado “Piel de cocodrilo”



Foto N° 28: Fisura transversal gruesa (ancho  $> 3\text{mm}$ ) o “grietas “



Foto N° 29: Reparación o “parche” de pavimento



Foto N° 30: Fisuras longitudinales ( ancho  $> 1\text{mm}$  y  $\leq 3\text{mm}$ )

# **Anexo 5. Guías de Observación**

## Guía de Observación

Carretera: Panamericana Norte

Nº Guía: 01

Progresiva: km 443+980

Fecha: 23 – 02 - 2022

Tipo de Pavimento: Pavimento Flexible

Lugar: Santa

### 1. Deterioro o Falla Estructural

#### a. Piel de Cocodrilo

- Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto
- Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto
- Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto


#### b. Fisuras Longitudinales

- Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho  $\leq 1$  mm)
- Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 1$  mm y  $\leq 3$  mm)
- Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 3$  mm). También se denominan grietas.


#### c. Deformación por Deficiencia Estructural

- Profundidad sensible al usuario  $< 2$  cm
- Profundidad entre 2 cm y 4 cm
- Profundidad  $> 4$  cm


#### d. Ahuellamiento

- Profundidad sensible al usuario  $\leq 6$  mm
- Profundidad entre 6 mm y  $\leq 12$  mm
- Profundidad  $> 12$  mm


#### e. Reparaciones o Parchados

- Reparación o parchado para deterioros superficiales.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.


### 2. Deterioro o Fallas Superficiales

#### a. Peladuras y Desprendimientos

- Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial).

--

- Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular.
- Continuo con aparición de la base granular.



**b. Baches- Huecos**

- Diámetro <0.2 m
- Diámetro entre 0.2 y 0.5 m
- Diámetro >0.5 m




**c. Fisuras transversales**

- Fisuras Finas (ancho  $\leq 1$  mm)
- Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 1$  mm y  $\leq 3$  mm)
- Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 3$  mm). También se denominan grietas.




**3. Foto(s) de la falla**



**4. Descripción u observación:**

Las fisuras transversales tienen una longitud aproximada de 1.50 m y un ancho de 2mm.

La falla denominada "piel de cocodrilo" presenta material suelto e irregularidades en forma poligonal y es de severidad media.

En el punto más bajo de la piel de cocodrilo hubo una deformación por deficiencia estructural de 3.2 cm.

## Guía de Observación

Carretera: Panamericana Norte

Nº Guía: 02

Progresiva: km 443+950

Fecha: 23 – 02 - 2022

Tipo de Pavimento: Pavimento Flexible

Sentido: Santa

### 1. Deterioro o Falla Estructural

#### a. Piel de Cocodrilo

- Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto
- Malla median (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto
- Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto

#### b. Fisuras Longitudinales

- Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho  $\leq$  1 mm)
- Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $>$  1 mm y  $\leq$  3 mm)
- Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $>$  3 mm). También se denominan grietas.

#### c. Deformación por Deficiencia Estructural

- Profundidad sensible al usuario  $<$  2 cm
- Profundidad entre 2 cm y 4 cm
- Profundidad  $>$  4 cm

#### d. Ahuellamiento

- Profundidad sensible al usuario  $\leq$  6 mm
- Profundidad entre 6 mm y  $\leq$  12 mm
- Profundidad  $>$  12 cm

#### e. Reparaciones o Parchados

- Reparación o parchado para deterioros superficiales.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.

### 2. Deterioro o Fallas Superficiales

#### a. Peladuras y Desprendimientos

- Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial).

- Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular.
- Continuo con aparición de la base granular.



**b. Baches- Huecos**

- Diámetro <0.2 m
- Diámetro entre 0.2 y 0.5 m
- Diámetro >0.5 m




**c. Fisuras transversales**

- Fisuras Finas (ancho  $\leq 1$  mm)
- Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 1$  mm y  $\leq 3$  mm)
- Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 3$  mm). También se denominan grietas.




**3. Foto(s) de la falla**



**4. Descripción u observación:**

La **fisura transversal** tiene una longitud tal que abarca casi los dos carriles. Esta longitud fue de 3.10 m. Corresponde a una fisura abierta puntual no ramificada y que dado el ancho de la fisura (5.0 mm) se conoce como "grieta". Alrededor además se observa fisuras transversales de ancho  $\leq 1$ mm, de longitudes menores.

## Guía de Observación

Carretera: Panamericana Norte

Nº Guía: 03

Progresiva: km 443+830

Fecha: 23 – 02 - 2022

Tipo de Pavimento: Pavimento Flexible

Sentido: Santa

### 1. Deterioro o Falla Estructural

#### a. Piel de Cocodrilo

- Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto
- Malla median (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto
- Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto

#### b. Fisuras Longitudinales

- Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho  $\leq 1$  mm)
- Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 1$  mm y  $\leq 3$  mm)
- Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 3$  mm). También se denominan grietas.

#### c. Deformación por Deficiencia Estructural

- Profundidad sensible al usuario  $< 2$  cm
- Profundidad entre 2 cm y 4 cm
- Profundidad  $> 4$  cm

#### d. Ahuellamiento

- Profundidad sensible al usuario  $\leq 6$  mm
- Profundidad entre 6 mm y  $\leq 12$  mm
- Profundidad  $> 12$  cm

#### e. Reparaciones o Parchados

- Reparación o parchado para deterioros superficiales.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.

### 2. Deterioro o Fallas Superficiales

#### a. Peladuras y Desprendimientos

- Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial).

- Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular.
- Continuo con aparición de la base granular.



**b. Baches- Huecos**

- Diámetro <0.2 m
- Diámetro entre 0.2 y 0.5 m
- Diámetro >0.5 m




**c. Fisuras transversales**

- Fisuras Finas (ancho  $\leq 1$  mm)
- Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 1$  mm y  $\leq 3$  mm)
- Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 3$  mm). También se denominan grietas.




**3. Foto(s) de la falla**



**4. Descripción u observación:**

Corresponde a una **fisura longitudinal** gruesa (ancho  $> 3$ mm) conocida como “grieta”, abierta y ramificada. La longitud de estas fisuras se extendía considerablemente en el largo del carril.

## Guía de Observación

Carretera: Panamericana Norte

Nº Guía: 04

Progresiva: km 443 + 778

Fecha: 23 – 02 - 2022

Tipo de Pavimento: Pavimento Flexible

Sentido: Santa

### 1. Deterioro o Falla Estructural

#### a. Piel de Cocodrilo

- Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto
- Malla median (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto
- Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto

#### b. Fisuras Longitudinales

- Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho  $\leq$  1 mm)
- Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $>$  1 mm y  $\leq$  3 mm)
- Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $>$  3 mm). También se denominan grietas.

#### c. Deformación por Deficiencia Estructural

- Profundidad sensible al usuario  $<$  2 cm
- Profundidad entre 2 cm y 4 cm
- Profundidad  $>$  4 cm

#### d. Ahuellamiento

- Profundidad sensible al usuario  $\leq$  6 mm
- Profundidad entre 6 mm y  $\leq$  12 mm
- Profundidad  $>$  12 cm

#### e. Reparaciones o Parchados

- Reparación o parchado para deterioros superficiales.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.

### 2. Deterioro o Fallas Superficiales

#### a. Peladuras y Desprendimientos

- Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial).

- Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular.
- Continuo con aparición de la base granular.



**b. Baches- Huecos**

- Diámetro <0.2 m
- Diámetro entre 0.2 y 0.5 m
- Diámetro >0.5 m




**c. Fisuras transversales**

- Fisuras Finas (ancho  $\leq 1$  mm)
- Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 1$  mm y  $\leq 3$  mm)
- Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 3$  mm). También se denominan grietas.




**3. Foto(s) de la falla**



**4. Descripción u observación:**

Se observa el **desprendimiento o peladura** superficial de la carpeta asfáltica, presenta dimensiones de 0.20 x 0.15m .

## Guía de Observación

Carretera: Panamericana Norte

Nº Guía: 05

Progresiva: km 443 + 635

Fecha: 23 – 02 - 2022

Tipo de Pavimento: Pavimento Flexible

Sentido: Santa

### 1. Deterioro o Falla Estructural

#### a. Piel de Cocodrilo

- Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto
- Malla median (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto
- Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto

#### b. Fisuras Longitudinales

- Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho  $\leq$  1 mm)
- Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y  $\leq$  3 mm)
- Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.

#### c. Deformación por Deficiencia Estructural

- Profundidad sensible al usuario < 2 cm
- Profundidad entre 2 cm y 4 cm
- Profundidad > 4 cm

#### d. Ahuellamiento

- Profundidad sensible al usuario  $\leq$  6 mm
- Profundidad entre 6 mm y  $\leq$  12 mm
- Profundidad > 12 cm

#### e. Reparaciones o Parchados

- Reparación o parchado para deterioros superficiales.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.

### 2. Deterioro o Fallas Superficiales

#### a. Peladuras y Desprendimientos

- Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial).

- Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular.
- Continuo con aparición de la base granular.



**b. Baches- Huecos**

- Diámetro <0.2 m
- Diámetro entre 0.2 y 0.5 m
- Diámetro >0.5 m




**c. Fisuras transversales**

- Fisuras Finas (ancho  $\leq 1$  mm)
- Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 1$  mm y  $\leq 3$  mm)
- Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 3$  mm). También se denominan grietas.




**3. Foto(s) de la falla**



**4. Descripción u observación:**

La falla encontrada presenta dimensiones de 4.00m x 3.50m, llegando a la berma del pavimento flexible. Es una reparación que se realizó para deterioros superficiales.

## Guía de Observación

Carretera: Panamericana Norte

Nº Guía: 06

Progresiva: km 443 +490

Fecha: 23 – 02 - 2022

Tipo de Pavimento: Pavimento Flexible

Sentido: Santa

### 1. Deterioro o Falla Estructural

#### a. Piel de Cocodrilo

- Malla grande ( $> 0.5$  m) sin material suelto
- Malla median (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto
- Malla pequeña ( $< 0.3$  m) sin o con material suelto

#### b. Fisuras Longitudinales

- Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho  $\leq 1$  mm)
- Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 1$  mm y  $\leq 3$  mm)
- Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 3$  mm). También se denominan grietas.

#### c. Deformación por Deficiencia Estructural

- Profundidad sensible al usuario  $< 2$  cm
- Profundidad entre 2 cm y 4 cm
- Profundidad  $> 4$  cm

#### d. Ahuellamiento

- Profundidad sensible al usuario  $\leq 6$  mm
- Profundidad entre 6 mm y  $\leq 12$  mm
- Profundidad  $> 12$  cm

#### e. Reparaciones o Parchados

- Reparación o parchado para deterioros superficiales.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.

### 2. Deterioro o Fallas Superficiales

#### a. Peladuras y Desprendimientos

- Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial).

- Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular.
  - Continuo con aparición de la base granular.
- b. Baches- Huecos**
- Diámetro <0.2 m
  - Diámetro entre 0.2 y 0.5 m
  - Diámetro >0.5 m
- c. Fisuras transversales**
- Fisuras Finas (ancho  $\leq 1$  mm)
  - Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y  $\leq 3$  mm)
  - Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.

**3. Foto(s) de la falla**



**4. Descripción u observación:**

La falla encontrada (huevo) tiene un diámetro de 35 cm y se aprecia la aparición de la base granular. Además, se observa la presencia de fisuras transversales no ramificadas de ancho de 2mm y longitud aproximada de 2.00m.

## Guía de Observación

Carretera: Panamericana Norte

Nº Guía: 07

Progresiva: km 443+ 420

Fecha: 23 – 02 - 2022

Tipo de Pavimento: Pavimento Flexible

Sentido: Santa

### 1. Deterioro o Falla Estructural

#### a. Piel de Cocodrilo

- Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto
- Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto
- Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto

#### b. Fisuras Longitudinales

- Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho  $\leq$  1 mm)
- Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $>$  1 mm y  $\leq$  3 mm)
- Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $>$  3 mm). También se denominan grietas.

#### c. Deformación por Deficiencia Estructural

- Profundidad sensible al usuario  $<$  2 cm
- Profundidad entre 2 cm y 4 cm
- Profundidad  $>$  4 cm

#### d. Ahuellamiento

- Profundidad sensible al usuario  $\leq$  6 mm
- Profundidad entre 6 mm y  $\leq$  12 mm
- Profundidad  $>$  12 cm

#### e. Reparaciones o Parchados

- Reparación o parchado para deterioros superficiales.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.

### 2. Deterioro o Fallas Superficiales

#### a. Peladuras y Desprendimientos

- Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial).

- Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular.
- Continuo con aparición de la base granular.



**b. Baches- Huecos**

- Diámetro <0.2 m
- Diámetro entre 0.2 y 0.5 m
- Diámetro >0.5 m




**c. Fisuras transversales**

- Fisuras Finas (ancho  $\leq 1$  mm)
- Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 1 mm y  $\leq 3$  mm)
- Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho > 3 mm). También se denominan grietas.




**3. Foto(s) de la falla**



**4. Descripción u observación:**

Las fisuras transversales tienen una longitud aproximada de 1.00 m y ancho 2 mm.

Las fisuras longitudinales se extienden a lo largo del carril y tienen ancho 2 mm.

## Guía de Observación

Carretera: Panamericana Norte

Nº Guía: 08

Progresiva: km 443+310

Fecha: 23 – 02 - 2022

Tipo de Pavimento: Pavimento Flexible

Sentido: Santa

### 1. Deterioro o Falla Estructural

#### a. Piel de Cocodrilo

- Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto
- Malla median (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto
- Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto

#### b. Fisuras Longitudinales

- Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho  $\leq$  1 mm)
- Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $>$  1 mm y  $\leq$  3 mm)
- Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $>$  3 mm). También se denominan grietas.

#### c. Deformación por Deficiencia Estructural

- Profundidad sensible al usuario  $<$  2 cm
- Profundidad entre 2 cm y 4 cm
- Profundidad  $>$  4 cm

#### d. Ahuellamiento

- Profundidad sensible al usuario  $\leq$  6 mm
- Profundidad entre 6 mm y  $\leq$  12 mm
- Profundidad  $>$  12 cm

#### e. Reparaciones o Parchados

- Reparación o parchado para deterioros superficiales.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.

### 2. Deterioro o Fallas Superficiales

#### a. Peladuras y Desprendimientos

- Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial).

- Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular.
- Continuo con aparición de la base granular.



**b. Baches- Huecos**

- Diámetro <0.2 m
- Diámetro entre 0.2 y 0.5 m
- Diámetro >0.5 m




**c. Fisuras transversales**

- Fisuras Finas (ancho  $\leq 1$  mm)
- Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 1$  mm y  $\leq 3$  mm)
- Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 3$  mm). También se denominan grietas.




**3. Foto(s) de la falla**



**4. Descripción u observación:**

La falla encontrada (huevo) presenta un diámetro de 60 cm y se encuentra en la berma del pavimento flexible, además se observa la aparición de la base granular y pequeñas microfisuras.

## Guía de Observación

Carretera: Panamericana Norte

Nº Guía: 09

Progresiva: km 443 + 200

Fecha: 23 – 02 - 2022

Tipo de Pavimento: Pavimento Flexible

Sentido: Santa

### 1. Deterioro o Falla Estructural

#### a. Piel de Cocodrilo

- Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto
- Malla mediana (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto
- Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto


#### b. Fisuras Longitudinales

- Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho  $\leq$  1 mm)
- Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $>$  1 mm y  $\leq$  3 mm)
- Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $>$  3 mm). También se denominan grietas.


#### c. Deformación por Deficiencia Estructural

- Profundidad sensible al usuario  $<$  2 cm
- Profundidad entre 2 cm y 4 cm
- Profundidad  $>$  4 cm


#### d. Ahuellamiento

- Profundidad sensible al usuario  $\leq$  6 mm
- Profundidad entre 6 mm y  $\leq$  12 mm
- Profundidad  $>$  12 cm


#### e. Reparaciones o Parchados

- Reparación o parchado para deterioros superficiales.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.


### 2. Deterioro o Fallas Superficiales

#### a. Peladuras y Desprendimientos

- Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial).

--

- Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular.
- Continuo con aparición de la base granular.



**b. Baches- Huecos**

- Diámetro <0.2 m
- Diámetro entre 0.2 y 0.5 m
- Diámetro >0.5 m




**c. Fisuras transversales**

- Fisuras Finas (ancho  $\leq 1$  mm)
- Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 1$  mm y  $\leq 3$  mm)
- Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 3$  mm). También se denominan grietas.




**3. Foto(s) de la falla**



**4. Descripción u observación:**

La falla denominada "piel de cocodrilo" presenta irregularidades en forma poligonal y es de severidad media. Esta falla es de malla mediana (0.4m) con la presencia de material suelto.

## Guía de Observación

Carretera: Panamericana Norte

Nº Guía: 10

Progresiva: km 443 + 140

Fecha: 23 – 02 - 2022

Tipo de Pavimento: Pavimento Flexible

Sentido: Santa

### 1. Deterioro o Falla Estructural

#### a. Piel de Cocodrilo

- Malla grande (> 0.5 m) sin material suelto
- Malla median (entre 0.3 y 0.5 m) sin o con material suelto
- Malla pequeña (< 0.3 m) sin o con material suelto

#### b. Fisuras Longitudinales

- Fisuras finas en las huellas del tránsito (ancho  $\leq$  1 mm)
- Fisuras medias corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $>$  1 mm y  $\leq$  3 mm)
- Fisuras gruesas corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $>$  3 mm). También se denominan grietas.

#### c. Deformación por Deficiencia Estructural

- Profundidad sensible al usuario  $<$  2 cm
- Profundidad entre 2 cm y 4 cm
- Profundidad  $>$  4 cm

#### d. Ahuellamiento

- Profundidad sensible al usuario  $\leq$  6 mm
- Profundidad entre 6 mm y  $\leq$  12 mm
- Profundidad  $>$  12 cm

#### e. Reparaciones o Parchados

- Reparación o parchado para deterioros superficiales.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en buen estado.
- Reparación de piel de cocodrilo o de fisuras longitudinales, en mal estado.

### 2. Deterioro o Fallas Superficiales

#### a. Peladuras y Desprendimientos

- Puntual sin aparición de la base granular (peladura superficial).

- Continuo sin aparición de la base granular o puntual con aparición de la base granular.
- Continuo con aparición de la base granular.



**b. Baches- Huecos**

- Diámetro <0.2 m
- Diámetro entre 0.2 y 0.5 m
- Diámetro >0.5 m




**c. Fisuras transversales**

- Fisuras Finas (ancho  $\leq 1$  mm)
- Fisuras medias, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 1$  mm y  $\leq 3$  mm)
- Fisuras gruesas, corresponden a fisuras abiertas y/o ramificadas (ancho  $> 3$  mm). También se denominan grietas.




**3. Foto(s) de la falla**



**4. Descripción u observación:**

Se observa el desprendimiento o peladura superficial de la carpeta asfáltica, presenta dimensiones de 0.15 x 0.15m .

9	<a href="http://repositorio.urp.edu.pe">repositorio.urp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
10	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego Trabajo del estudiante	<1 %
11	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://repositorio.usanpedro.edu.pe">repositorio.usanpedro.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://es.slideshare.net">es.slideshare.net</a> Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
15	<a href="http://repositorio.unsch.edu.pe">repositorio.unsch.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://repositorio.unp.edu.pe">repositorio.unp.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://repositorio.upn.edu.pe">repositorio.upn.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://repositorio.uprit.edu.pe">repositorio.uprit.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://1library.co">1library.co</a>	

Fuente de Internet

<1 %

21

[repositorio.uss.edu.pe](http://repositorio.uss.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

22

Submitted to Universidad Continental

Trabajo del estudiante

<1 %

23

[repositorio.upci.edu.pe](http://repositorio.upci.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

24

[repositorio.unprg.edu.pe](http://repositorio.unprg.edu.pe)

Fuente de Internet

<1 %

25

[revistaschilenas.uchile.cl](http://revistaschilenas.uchile.cl)

Fuente de Internet

<1 %

26

[www.jove.com](http://www.jove.com)

Fuente de Internet

<1 %

27

[www.jstage.jst.go.jp](http://www.jstage.jst.go.jp)

Fuente de Internet

<1 %

28

[archive.org](http://archive.org)

Fuente de Internet

<1 %

29

[www.comecso.com](http://www.comecso.com)

Fuente de Internet

<1 %

30

[www.slideshare.net](http://www.slideshare.net)

Fuente de Internet

<1 %