

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



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**“Comparación entre los métodos Instituto del Asfalto y
AASHTO 93 para diseñar pavimento flexible en A.H.
Brisas del Mar, 2022”**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autores:

**Bach. Mori Balarezo, Dara Salome
Bach. Vergara Torres, Rocio Del Pilar**

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

HOJA DE CONFORMIDAD DEL ASESOR

Yo, Abner Itamar León Bobadilla, por intermedio de la presente y en mi condición de asesor, doy conformidad a la tesis titulada: **“Comparación entre los métodos instituto del asfalto y AASHTO 93 para diseñar pavimento flexible en A.H. Brisas Del Mar, 2022”**, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, habiéndose ejecutado según el reglamento general para obtener el título profesional de Ingeniero Civil mediante la modalidad de tesis de investigación.

Dr. León Bobadilla, Abner Itamar

DNI: 32942184

ORCID: 0000-0003-2949-6591

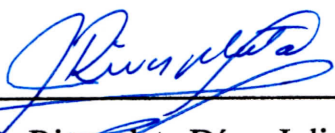
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL




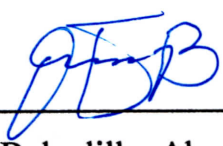
UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO EVALUADOR

Terminada la sustentación de la tesis titulada: “**Comparación entre los métodos instituto del asfalto y AASHTO 93 para diseñar pavimento flexible en A.H. Brisas Del Mar, 2022**”, sustentada el 06 de junio del 2023. Tiene la aprobación del jurado evaluador, firmando en señal de conformidad.


Ms. Rivasplata Díaz, Julio César
DNI: 32770844
ORCID: 0000-0002-4180-9362
Presidente


Mg. Fernández Mantilla, Jenisse Del Rocío
DNI: 33264434
ORCID: 0000-0003-3336-4786
Secretaria


Dr. León Bobadilla, Abner Itamar
DNI: 32942184
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 06 días del mes de junio del año dos mil veintitrés, siendo las 11: 30 horas de la mañana, en el Aula C-1 de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 184-2023-UNS-CFI, con fecha 20.03.2023, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Mg. Jenisse Del Rocío Fernández Mantilla (Secretaria), Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Integrante), y Dr. Atilio Rubén López Carranza (Accesitario), y en base a la Resolución Decanal N° 317-2023-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022", presentado por los Bachilleres: MORI BALAREZO DARA SALOME con cód. N° 0201413038 y VERGARA TORRES ROCIO DEL PILAR con cód. N° 0201413057, quienes fueron asesorados por el docente Dr. Abner Itamar León Bobadilla, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 068-2022-UNS-FI, de fecha 22.02.2022.

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
MORI BALAREZO DARA SALOME	17	BUENO

Siendo las 12.30 del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 06 junio de 2023.

Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente

Mg. Jenisse Del Rocío Fernández Mantilla
Secretaria

Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Integrante



ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 06 días del mes de junio del año dos mil veintitrés, siendo las 11: 30 horas de la mañana, en el Aula C-1 de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 184-2023-UNS-CFI, con fecha 20.03.2023, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Mg. Jenisse Del Rocío Fernández Mantilla (Secretaria), Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Integrante), y Dr. Atilio Rubén López Carranza (Accesitario), y en base a la Resolución Decanal N° 317-2023-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: "COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022", presentado por los Bachilleres: MORI BALAREZO DARA SALOME con cód. N° 0201413038 y VERGARA TORRES ROCIO DEL PILAR con cód. N° 0201413057, quienes fueron asesorados por el docente Dr. Abner Itamar León Bobadilla, según lo establece la T. Resolución Decanal N° 068-2022-UNS-FI, de fecha 22.02.2022.

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
VERGARA TORRES ROCIO DEL PILAR	17	BUENO

Siendo las 12.30 del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 06 junio de 2023.

Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente

Mg. Jenisse Del Rocío Fernández Mantilla
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: Mori - Vega Mori - Vega
Título del ejercicio: TRABAJOS 2022
Título de la entrega: COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFAL...
Nombre del archivo: INFORME_DE_TESIS_FINAL-_MORI_DARA_Y_VERGARA_ROCIO_...
Tamaño del archivo: 10.85M
Total páginas: 241
Total de palabras: 49,923
Total de caracteres: 248,800
Fecha de entrega: 05-jun.-2023 08:05a. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre... 2109489318

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



“COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL
ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE
EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022”

TESISTAS:

Bach. MORI BALAREZO, Dara Salome
Bach. VERGARA TORRES, Rocio Del Pilar

ASESOR:

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

TESIS PARA OPTAR POR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ
2023

DEDICATORIA

A Dios, por darme vida, salud, sabiduría y guiarme
en cada paso para ir cumpliendo mis metas.
Por su amor incondicional y no dejarme vencer
ante las adversidades.

A mi mamá, Ana Marlene Balarezo Ruedas, por su comprensión,
preocupación, amor y apoyo, durante todo este proceso,
acompañándome en mis subidas y bajadas, pero siempre a mi lado.

A mi padre, Rogger Alfonso Mori Lamas, por sus sabios
consejos, por sus palabras de aliento y por apoyarme en lo
que sea que haga con tal de verme feliz.

A mi tía, Elcira Balarezo Ruedas, que está en el cielo, y
en la última conversación que tuvimos me dio aliento y
me dijo que podía lograrlo, y lo ¡Logré!

Dara Mori Balarezo.

DEDICATORIA

A Dios, por guiar mis pasos, y encaminarme a
tomar buenas decisiones en mi día a día.
Por su amor infinito y no dejarme caer
ante las adversidades.

A mi mamá, Amelia Torres Iparraguirre, por su tan apreciada
compañía, amor y preocupación, durante todo el proceso
de mi carrera profesional, así como en mi día a día.

A mi hermano, Richard Mitacc Torres, por ser mi padre
Y darme soporte en las adversidades de mi caminar,
por su compañía y atención en los procesos de mi vida.

A mi hermano, Máximo Vergara Torres, por sus buenos
consejos y apoyo incondicional, por permanecer en mi
vida como un segundo padre.

Rocio Vergara Torres.

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecer a Dios por darnos vida, salud y bendecirnos en este largo camino para poder cumplir esta meta, cerrando un ciclo de nuestras vidas.

A nuestras familias, por siempre estar apoyándonos, por sus consejos y motivación para seguir adelante y lograr culminar este importante paso de nuestra formación profesional.

A nuestro asesor el Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla, por su orientación y apoyo en el desarrollo de esta presente tesis.

A nuestro docente el Ms. Ing. Julio Cesar Rivasplata Díaz, por su disposición para absolver nuestras dudas con respecto a los ensayos realizados para el trabajo de investigación.

Finalmente, agradecer a todos los docentes de nuestra Escuela Profesional de Ingeniería Civil, que fueron parte de nuestra formación tanto profesional como personal, por sus enseñanzas y valores inculcados.

MORI Y VERGARA.

Índice general

DEDICATORIA	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
RESUMEN.....	xx
ABSTRACT.....	xxi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	23
1.1. Antecedentes del problema	23
1.2. Formulación del problema	24
1.2.1. Problema General.....	25
1.2.2. Problemas Específicos.....	25
1.3. Objetivos	25
1.3.1. Objetivo General	25
1.3.2. Objetivos Específicos	25
1.4. Justificación	26
1.4.1. Justificación Técnica	26
1.4.2. Justificación Social.....	26
1.4.3. Justificación Económica.....	26
1.5. Limitaciones del trabajo.....	27
1.6. Hipótesis de la investigación	27
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	29

2.1. Antecedentes de la investigación	29
2.1.1. Antecedentes Internacionales	29
2.1.2. Antecedentes Nacionales.....	30
2.2. Base Teórica.....	32
2.2.1. Pavimento.....	32
2.2.1.1. Definición.....	32
2.2.1.2. Características que debe reunir un pavimento	33
2.2.1.3. Funciones de la estructura del pavimento	34
2.2.1.4. Clasificación de los pavimentos.....	34
2.2.2. Pavimento Flexible.....	36
2.2.2.1. Definición.....	36
2.2.2.2. Características	36
2.2.2.3. Estructura	38
2.2.2.4. Fallas	42
2.2.3. Variables para el Diseño de Pavimento.....	44
2.2.3.1. Periodo de diseño	44
2.2.3.2. Estudio de Tráfico	45
2.2.3.2.1. Demanda de tráfico	45
2.2.3.2.2. Factor Direccional y Factor Carril	46
2.2.3.2.3. Tasas de Crecimiento y Proyección	47
2.2.3.2.4. Número de repeticiones de ejes equivalentes.....	49

2.2.3.3. Suelos	55
2.2.3.3.1. Exploración de Suelos	55
2.2.3.3.2. Sub rasante	55
2.2.3.3.3. Clasificación de Suelos	58
2.2.3.3.4. Ensayos en Laboratorio	63
2.2.3.3.4.1. Granulometría.....	63
2.2.3.3.4.2. Plasticidad.....	65
2.2.3.3.4.3. Humedad Natural.....	67
2.2.3.3.4.4. Compactación de suelos	67
2.2.3.3.4.5. Capacidad de soporte (CBR).....	68
2.2.3.4. Factores Climáticos	69
2.2.3.4.1. Temperatura Media Mensual y Anual del Aire (TMM) y (TMA).....	69
2.2.4. Método de Diseño AASHTO 93	70
2.2.4.1. Introducción	70
2.2.4.2. Variables de Entrada	71
2.2.4.2.1. Periodo de Diseño y Análisis	71
2.2.4.2.2. ESAL de diseño.....	72
2.2.4.2.3. Índice de Serviciabilidad Presente (PSI).....	73
2.2.4.2.4. Confiabilidad (R)	74
2.2.4.2.5. Desviación Estándar Normal (ZR).....	75
2.2.4.2.6. Desviación Estándar Total (So)	76

2.2.4.3. Propiedades de los materiales	76
2.2.4.3.1. Módulo Resiliente de la subrasante (M_r)	76
2.2.4.3.2. Coeficientes Estructurales de los Materiales.....	77
2.2.4.3.2.1. Concreto Asfáltico (a_1).....	78
2.2.4.3.2.2. Bases granulares no tratadas (a_2).....	79
2.2.4.3.2.3. Subbases granulares no tratadas (a_3)	79
2.2.4.3.2. Coeficiente de drenaje (m_i)	80
2.2.4.4. Determinación de espesores	82
2.2.4.4.1. Determinación del Número Estructural (SN).....	82
2.2.4.4.2. Espesores mínimos en función del número estructural.....	84
2.2.4.4.3. Espesores mínimos en función del tránsito	85
2.2.5. Método de Diseño Instituto del Asfalto	86
2.2.5.1. Introducción	86
2.2.5.2. Variables de Diseño	87
2.2.5.2.1. Periodo de Diseño y Análisis	87
2.2.5.2.2. Análisis de Tráfico	88
2.2.5.2.2.1. Clasificación y número de vehículos	88
2.2.5.2.2.2. Carril de Diseño	89
2.2.5.2.2.3. Crecimiento del tráfico.....	89
2.2.5.2.2.4. Factor de equivalencia de carga	90
2.2.5.2.2.5. Factor Camión	91

2.2.5.2.2.6. EAL de diseño.....	92
2.2.5.2.2.7. Factor de ajuste de los ejes equivalentes.....	93
2.2.5.2.3. Evaluación de los Materiales	94
2.2.5.2.3.1. Subrasante	94
2.2.5.2.3.2. Valores Percentiles de la subrasante	94
2.2.5.2.3.3. Bases y subbases de agregados no tratados.....	95
2.2.5.2.4. Condiciones ambientales de temperatura.....	95
2.2.5.3. Determinación de espesores.....	97
2.2.5.3.1. Espesores mínimos.....	97
2.2.5.3.2. Procedimiento de diseño	98
2.3. Definición de Términos.....	99
2.4. Marco Normativo	101
CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS	103
3.1. Tipo de Investigación.....	103
3.2. Nivel de Investigación.....	103
3.3. Diseño de Investigación	103
3.4. Unidad de Análisis	104
3.5. Ubicación	105
3.6. Población y Muestra.....	105
3.6.1. Población.....	105
3.6.2. Muestra.....	105

3.7. Variables	107
3.7.1. Variables Independientes	107
3.7.2. Variable Dependiente.....	107
3.7.3. Matriz de Consistencia.....	107
3.7.4. Operacionalización de Variables.....	109
3.8. Instrumentos	110
3.9. Procedimientos.....	111
3.9.1. Ensayos ejecutados en campo	111
3.9.2. Ensayos de Laboratorio.....	112
3.9.2.1. Determinación del contenido de humedad de un suelo MTC E -108	112
3.9.2.2 Análisis Granulométrico por Tamizado MTC E -107.....	113
3.9.2.3 Determinación del Límite Líquido MTC E -110	114
3.9.2.4 Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado) MTC E -115	115
3.9.2.5 CBR de Suelos MTC E -132.....	117
CAPÍTULO IV: RESULTADOS.....	120
4.1. Análisis e interpretación de resultados	120
4.1.1. Determinación de los Parámetros de Diseño.....	120
4.1.1.1. Estudio de Tráfico	120
4.1.1.2. Estudio de Suelos.....	121

4.1.2. Determinación de la Estructura de Pavimento Flexible por el Método de Diseño AASHTO 93	123
4.1.3. Determinación de la Estructura de Pavimento Flexible por el Método de Diseño Instituto del Asfalto	125
4.1.4. Análisis comparativo técnico y económico.....	127
4.1.4.1. Análisis Técnico	127
4.1.4.2. Análisis Económico.....	130
4.1.4.2.1. Análisis de Precios Unitarios.....	131
4.1.4.2.2. Presupuesto.....	131
4.1.4.3. Elección de la Mejor Alternativa.....	134
4.2. Discusiones	135
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	138
5.1. Conclusiones	138
5.2. Recomendaciones.....	139
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	141

Índice de anexos

Anexo 1. Estudio de Tráfico	144
Anexo 2. Certificados de Ensayos de Laboratorio.....	152
Anexo 3. Memoria de Cálculo	187
Anexo 4. Metrados.....	214
Anexo 5. Análisis de Precios Unitarios	217
Anexo 6. Presupuesto.....	220
Anexo 7. Ensayos de material de cantera	221
Anexo 8. Panel Fotográfico	233
Anexo 9. Planos	241

Índice de fotos

Foto 1. Conteo vehicular y registro en el formato del MTC, durante el día	233
Foto 2. Conteo vehicular y registro en el formato del MTC, durante la noche	233
Foto 3. Levantamiento Topográfico con Estación Total en el área de estudio.....	234
Foto 4. Calicata C-01	234
Foto 5. Calicata C-02	234
Foto 6. Calicata C-03	234
Foto 7. Extracción de muestra, Calicata C-04	234
Foto 8. Calicata C-05	235
Foto 9. Calicata C-06	235
Foto 10. Cuarteo de muestra representativa de las calicatas.....	235
Foto 11. Determinación del contenido de humedad, peso de la muestra y colocación en el horno	236
Foto 12. Todas las muestras en el horno.....	236
Foto 13. Peso de las muestras secas.....	236

Foto 14. Análisis Granulométrico por lavado.....	236
Foto 15. Tamices para el análisis granulométrico	236
Foto 16. Realización de tamizaje de las muestras para determinar su análisis granulométrico	237
Foto 17. Muestra pasada por el Tamiz N°40 y colocada en la copa casagrande	237
Foto 18. Determinación del límite líquido.....	238
Foto 19. Muestra para el proctor.....	237
Foto 20. Humedad a la muestra	238
Foto 21. Compactación con Proctor Modificado.....	238
Foto 22. Enrasado, pesado de la muestra compactada y obtención de muestra representativa para determinar el óptimo contenido de humedad.....	238
Foto 23. Preparación de muestra, vertiendo su óptimo contenido de humedad	238
Foto 24. Compactación de la muestra de suelo con su óptimo contenido de humedad, haciendo uso del pisón para CBR	239
Foto 25. Colocación del papel filtro en los moldes	239
Foto 26. Colocación de sobre cargas anular, circular y placa perforada en molde CBR.....	239
Foto 27. Colocación del dial	240
Foto 28. Saturación de los moldes	240
Foto 29. Ensayo de penetración en la prensa hidráulica de CBR, luego de 96 horas en agua	240
Foto 30. Toma de muestra de suelo después del ensayo de penetración, y posterior pesado para determinar su contenido de humedad.....	241

Índice de tablas

Tabla 1. Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño.	46
Tabla 2. Factores de crecimiento acumulado (Fca) para el cálculo de números de repeticiones de EE.....	48
Tabla 3. Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos	50
Tabla 4. Factor de ajuste por presión de neumáticos (Fp) para ejes equivalentes (EE)	53
Tabla 5. Datos para calcular el número de repeticiones de EE de 8.2 Tn	54
Tabla 6. Número de calicatas para exploración de suelos	56
Tabla 7. Número de ensayos MR y CBR.....	57
Tabla 8. Correlación de tipos de suelos AASHTO – SUCS	58
Tabla 9. Clasificación de los suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282	60
Tabla 10. Clasificación de suelos según tamaño de partículas	63
Tabla 11. Relación de tamices de malla cuadrada	65
Tabla 12. Clasificación de suelos según su índice de plasticidad.....	67
Tabla 13. Categorías de sub rasante.....	69
Tabla 14. Periodos de análisis.....	72
Tabla 15. Niveles de serviciabilidad.....	73
Tabla 16. Niveles de confiabilidad por tipo de vía	75
Tabla 17. Valores de desviación estándar normal a partir de la confiabilidad	75
Tabla 18. Capacidad del drenaje	81
Tabla 19. Valores para <i>mi</i> recomendados para modificar los coeficientes de capas estructurales de materiales de base y subbase no tratadas en pavimentos flexibles.....	81
Tabla 20. Espesores mínimos en función del tránsito.....	86

Tabla 21. Porcentaje del tráfico total de camiones en el carril de diseño	89
Tabla 22. Factores de equivalencia de carga	90
Tabla 23. Valores percentiles para el Mr de la subrasante	95
Tabla 24. Requerimientos de calidad para base y subbase de agregados no tratados	95
Tabla 25. Criterios de selección del grado de asfalto	96
Tabla 26. Efectos de heladas en función al TMAA	96
Tabla 27. Espesores mínimos de concreto asfáltico sobre bases con asfalto emulsificado	97
Tabla 28. Espesor mínimo de concreto asfáltico sobre base de agregados no tratados.....	98
Tabla 29. Coordenadas de la ubicación de las calicatas	106
Tabla 30. Matriz de Consistencia.....	108
Tabla 31. Tipologías de la muestra patrón CBR.....	118
Tabla 32. Tráfico de diseño para ambos métodos.....	121
Tabla 33. Resultados del EMS de la subrasante	122
Tabla 34. Resumen del estudio de cantera.....	122
Tabla 35. Parámetros de diseño del método AASHTO 93	123
Tabla 36. Parámetros de diseño del método instituto del asfalto.....	125
Tabla 37. Comparación técnica entre ambos métodos.....	127
Tabla 38. Comparativo de los métodos de diseño AASHTO 93 e Instituto del Asfalto	130
Tabla 39. Costo por metro cuadrado para la construcción del pavimento flexible por ambos métodos.....	131
Tabla 40. Resumen del presupuesto de ambos métodos de diseño.....	132
Tabla 41. Periodo de diseño según condiciones de carretera.....	187
Tabla 42. Cálculo de factores de equivalencia multiplicado por el IMDA	188
Tabla 43. Determinación del Fd y Fc, según número de calzadas.....	189
Tabla 44. Índice de serviciabilidad presente (PSI)	190

Tabla 45. Valor de confiabilidad según clasificación de la vía	191
Tabla 46. Valor de desviación estándar según confiabilidad.....	191
Tabla 47. Calidad del drenaje	194
Tabla 48. Determinación del coeficiente de drenaje.....	195
Tabla 49. Espesores mínimos del concreto asfáltico y base granular.....	196
Tabla 50. Cálculo del factor camión	202
Tabla 51. Determinación del carril de diseño	204
Tabla 52. Cálculo del EAL de diseño	205
Tabla 53. Condiciones ambientales de temperatura para el grado de asfalto	206
Tabla 54. Determinación del TMAA para cálculo de espesores	206
Tabla 55. Espesores mínimos según el EAL de diseño	207
Tabla 56. Metrados de las vías del pavimento en el área de estudio	214

Índice de figuras

Figura 1. Estructura del Pavimento	33
Figura 2. Sección de un Pavimento Flexible Convencional.....	39
Figura 3. Configuración de ejes.....	49
Figura 4. Pesos y medidas máximas permitidas	52
Figura 5. Signos convencionales para perfil de calicatas – clasificación AASHTO	59
Figura 6. Signos convencionales para perfil de calicatas – clasificación SUCS.....	62
Figura 7. Curva granulométrica.....	64
Figura 8. Límites de atterberg	66
Figura 9. Correlaciones típicas entre las clasificaciones y propiedades de los suelos con el módulo de resiliente.....	77
Figura 10. Gráfico para determinar el coeficiente estructural para la capa de concreto asfáltico a_1 en función del módulo elástico.....	78

Figura 11. Gráfico para obtener el coeficiente estructural de la capa base a_2	79
Figura 12. Gráfico para obtener el coeficiente estructural de la capa subbase a_3	80
Figura 13. Abaco de diseño para pavimentos flexibles para hallar el SN.....	83
Figura 14. Procedimiento para determinar espesores mínimos de capa.	85
Figura 15. Ejemplo de factores de equivalencia de carga.....	91
Figura 16. Ejemplos para el cálculo de factor camión.....	92
Figura 17. Factor de ajuste del EAL por las presiones de los neumáticos.....	93
Figura 18. Representación gráfica del diseño cuasi experimental.....	104
Figura 19. Ubicación de calicatas en el A.H. Brisas del Mar	106
Figura 20. Operacionalización de Variables.....	109
Figura 21. Índice medio diario anual (IMDA).....	120
Figura 22. Estructura del pavimento flexible con el método AASHTO 93.....	124
Figura 23. Estructura del pavimento flexible con el método instituto del asfalto.....	126
Figura 24. Presupuesto del pavimento flexible con el método AASHTO 93	132
Figura 25. Presupuesto del pavimento flexible con el método instituto del asfalto	132
Figura 26. Gráfico comparativo de costos de las capas base y subbase entre el método AASHTO 93 y el Instituto del Asfalto.....	133
Figura 27. Gráfico comparativo de costos para el diseño de pavimento flexible entre el método AASHTO 93 y el Instituto del Asfalto	133
Figura 28. Cálculo del IMDA para el tráfico.....	151
Figura 29. Índice nacional del flujo vehicular-INEI.....	189
Figura 30. Determinación del coeficiente estructural del concreto asfáltico	192
Figura 31. Ábaco para determinación del coeficiente estructural de la base (a_2).....	193
Figura 32. Ábaco para la determinación del coeficiente estructural de la subbase(a_3).....	194

Figura 33. Ecuación de diseño AASHTO 93	195
Figura 34. Cálculo del número estructural requerido con el programa ecuación AASHTO 93	196
Figura 35. Gráfica del comportamiento de los números estructurales de las capas del pavimento	197
Figura 36. Cálculo del número estructural sobre la capa base con el programa ecuación AASHTO 93	197
Figura 37. Cálculo del número estructural sobre la capa subbase con el programa ecuación AASHTO 93	198
Figura 38. Cálculo del número estructural sobre la capa subrasante con el programa ecuación AASHTO 93	198
Figura 39. Gráfica de espesores de capas del pavimento por el método AASHTO 93.....	200
Figura 40. Factor de ajuste del EAL	203
Figura 41. Carta de diseño A-29 base de agregados no tratados de 6” de espesor.....	209
Figura 42. Carta de diseño A-30 base de agregados no tratados de 12” de espesor	210
Figura 43. Carta de diseño A-35 Base de agregados no tratados de 6” de espesor	211
Figura 44. Carta de diseño A-36 base de agregados no tratados de 12” de espesor	212
Figura 45. Gráfica de espesores de capas del pavimento por el método instituto del asfalto	213
Figura 46. Metrado de la partida movimiento de tierra	215
Figura 47. Metrado de la partida pavimento.....	216
Figura 48. Análisis de precios unitarios de la partida movimiento de tierras	217
Figura 49. Análisis de precios unitarios de la partida pavimento.....	218
Figura 50. Presupuesto en el programa S10 para el método AASHTO 93.....	220
Figura 51. Presupuesto en el programa S10 para el método Instituto del Asfalto.....	220

Índice de ecuaciones

Ecuación 1. Tránsito proyectado.....	47
Ecuación 2. Factor de crecimiento acumulado	47
Ecuación 3. Índice de plasticidad.....	66
Ecuación 4. Pérdida de la serviciabilidad	74
Ecuación 5. Cálculo del Mr	76
Ecuación 6. Ecuación AASHTO 93.....	82
Ecuación 7. Cálculo del número estructural requerido.....	84
Ecuación 8. Cálculo del contenido de humedad	113
Ecuación 9. Cálculo del % que pasa el tamiz N°200	114
Ecuación 10. Cálculo de la tasa de retención para cada tamiz.....	114
Ecuación 11. Cálculo del porcentaje acumulado	114
Ecuación 12. Cálculo de la densidad húmeda.....	116
Ecuación 13. Cálculo de la densidad seca	116
Ecuación 14. Cálculo del % de agua a añadir para alcanzar óptimo contenido de humedad	117
Ecuación 15. Cálculo del % de expansión	117
Ecuación 16. Cálculo del índice de CBR.....	118
Ecuación 17. Cálculo del ESAL de diseño	187
Ecuación 18. Cálculo del EAL de diseño	201
Ecuación 19. Presión de contacto de los neumáticos.....	203
Ecuación 20. Módulo de Resiliencia de la subrasante por el I.A.	205

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad determinar el método óptimo para el diseño de la estructura del pavimento flexible en el A.H. Brisas del Mar. Para ello se trabajó con dos métodos, INSTITUTO DEL ASFALTO, donde se determinó los siguientes parámetros de diseño: Periodo de diseño, EAL de diseño, Módulo Resiliente de la subrasante, temperatura media anual del aire, elección del tipo de base y posterior uso de cartas de diseño para determinar los espesores; y el método AASHTO 93, bajo los parámetros de diseño: Periodo de diseño, ESAL, confiabilidad, desviación estándar, índices de serviciabilidad inicial y final, Módulo Resiliente de la subrasante, subbase y base, coeficientes estructurales, coeficientes de drenaje y número estructural.

Se determinó que al aplicar el método Instituto del Asfalto se obtuvo una estructura total del pavimento de 16”, conformada por 4” de carpeta asfáltica y 6” de base y subbase granular; mientras que, por el método AASHTO 93, resultó una estructura total de pavimento de 12”, constituida por una carpeta asfáltica de 4”, base granular de 4” y subbase granular de 4”.

Se realizó un análisis comparativo técnico y económico, del cual se concluyó que el método de diseño AASHTO 93 es el más óptimo en términos de estructura y costos, por lo cual el resultado final de la estructura del pavimento estaría conformado por una carpeta asfáltica de 4”, una base granular de 4” y una subbase granular de 4”.

Palabras claves: AASHTO 93, Instituto del Asfalto, pavimento flexible, óptimo diseño, parámetros de diseño, módulo resiliente.

ABSTRACT

The purpose of this research work was to determine the optimal method for the design of the flexible pavement structure in the A.H. Brisas del Mar. For this, two methods were used, INSTITUTE OF ASPHALT, where the following design parameters were determined: Design period, design EAL, Resilient Module of the subgrade, average annual air temperature, choice of type of base and subsequent use of design charts to determine the thicknesses; and the AASHTO 93 method, under the design parameters: Design period, ESAL, reliability, standard deviation, initial and final serviceability indexes, Resilient Modulus of the subgrade, subbase, and base, structural coefficients, drainage coefficients, and structural number.

It was determined that by applying the Instituto del Asfalto method, a total pavement structure of 16" was obtained, made up of 4" of asphalt folder and 6" of granular base and subbase; while, by the AASHTO 93 method, a total pavement structure of 12" was obtained, made up of a 4" asphalt layer, a 4" granular base and a 4" granular subbase.

A comparative technical and economic analysis was carried out, from which it was concluded that the AASHTO 93 design method is the most optimal in terms of structure and costs, for which the final result of the pavement structure would be made up of an asphalt layer of 4", a 4" granular base and a 4" granular subbase.

Keywords: AASHTO 93, Asphalt Institute, flexible pavement, optimal design, design parameters, resilient modulus.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes del problema

Actualmente, ante un mundo cada vez más integrado, que intercambia más bienes y servicios, la importancia de las carreteras se ha incrementado notablemente, con lo cual se han convertido en verdaderas vías que impulsan la competitividad de la economía y también el desarrollo social. Es indispensable contar con infraestructuras de carreteras que aseguren una circulación segura, cómoda y fluida. Para ello, el pavimento, elemento componente principal de esta obra vial, debe encontrarse en buen estado de servicio. (Gonzales, Ruiz y Guerrero, 2018).

En el Perú, la problemática recurrente en el servicio de movilidad urbana, identificado por el sector, específicamente en vías locales se presenta por la falta de acceso al servicio y/o las inadecuadas condiciones de la vía, en sus componentes principales (pistas, veredas, ciclovías y pasajes peatonales), cuya infraestructura permite la prestación del servicio para la movilidad de personas y vehículos. La solución a esta problemática es la de mejorar estas condiciones de la vía urbana a través de su pavimentación. (Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, 2021).

A finales del siglo XIX y principios del siglo XX empezaron a desarrollarse los primeros métodos para el diseño de pavimentos, los cuales se realizaban en base a la experiencia de los ingenieros, pero el problema se originaba cuando se enfrentaban a zonas con otros parámetros de diseño como distinto tipo de suelo, clima y tráfico, obteniéndose resultados no fiables, por lo que los métodos no eran muy confiables.

El Perú tiene una gran diversidad climática, por lo que requiere de diseños de pavimentos y mezclas asfálticas con parámetros y propiedades específicas para cada región. Una de las fallas más comunes en el comportamiento de los pavimentos asfálticos en el Perú, es la deformación en sus distintas formas, lo cual sucede

generalmente por las variadas condiciones climáticas del país, por lo cual es importante tener en cuenta al momento de diseñar, para así evitar en lo posible el deterioro de los pavimentos flexibles.

La infraestructura del transporte en el Perú, constituido principalmente por las vías terrestres son la base para el desarrollo del país, por lo cual es importante que su construcción se realice en base a métodos de diseño adecuados. En el caso de esta presente tesis nos enfocaremos en los métodos Instituto del Asfalto y AASHTO 93 aplicado al A.H. Brisas del Mar, para definir qué método es el adecuado según las condiciones de esta zona, y poder brindar esta alternativa para cuando se lleva a cabo la construcción de sus vías de transporte.

1.2. Formulación del problema

Actualmente el país sufre mucho con las expansiones urbanas (las invasiones) en alrededores de la ciudad, sin una planificación urbana, lo que trae consigo nuevas zonas de población, vías de tránsito vehicular y peatonal sin una pavimentación durante el periodo inicial de su conformación. El A.H. Brisas del Mar es un claro ejemplo de expansión urbana, la zona carece de pavimentación, lo cual genera diversos problemas a los moradores, ya que se ven afectados por la polvareda que genera el tránsito vehicular, que muy aparte de contaminar sus hogares les pueden generar problemas de salud de carácter respiratorio. Además, la mayoría de pobladores cuenta con su vehículo propio y al no existir pavimento se genera el deterioro de estos y hay excesivos problemas de transitabilidad.

Por lo mencionado anteriormente en dicho asentamiento se propone realizar un óptimo diseño de pavimento flexible, donde se va hacer una comparación entre los métodos Instituto del Asfalto y AASHTO 93, eligiendo el más adecuado para dicha zona, con el

fin de la construcción de su pavimento a futuro; todo esto nos lleva a plantear los siguientes problemas general y específicos.

1.2.1. Problema General

- ¿Cuál de los métodos de diseño del Instituto del Asfalto y AASHTO 93, será el más óptimo para diseñar la estructura del pavimento flexible del A.H. Brisas del Mar?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Será posible determinar los parámetros de diseño?
- ¿Se puede determinar la estructura del pavimento flexible aplicando el método de diseño Instituto del Asfalto?
- ¿Se puede determinar la estructura del pavimento flexible aplicando el método de diseño AASHTO 93?
- ¿Es posible que mediante un análisis comparativo técnico y económico de los métodos de diseño Instituto del Asfalto y AASHTO 93 se pueda obtener el óptimo diseño de la estructura del pavimento flexible?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Determinar el óptimo diseño de la estructura de pavimento flexible entre los métodos Instituto del Asfalto y AASHTO 93 para el A.H. Brisas del Mar.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar los parámetros de diseño.
- Determinar la estructura del pavimento flexible mediante el método de diseño Instituto del Asfalto, en el A.H. Brisas del Mar.
- Determinar la estructura del pavimento flexible mediante el método de diseño AASHTO 93, en el A.H. Brisas del Mar.

- Realizar un análisis comparativo técnico y económico entre los métodos Instituto del Asfalto y AASHTO 93, para determinar el óptimo diseño de la estructura del pavimento flexible en el A.H. Brisas del Mar.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Técnica

La presente investigación brinda una alternativa técnica, ya que busca generar mayor información y conocimientos sobre el estudio de pavimentos flexibles al aplicar los métodos de diseño del Instituto del Asfalto y AASHTO 93.

1.4.2. Justificación Social

Tiene un aporte social, ya que ofrecerá una alternativa óptima para hacer frente a la carencia de pavimentación en esta zona y así plantear una estructura de pavimento flexible, beneficiando de este modo a los pobladores del A.H. Brisas del Mar, los cuales tendrán un servicio de transitabilidad adecuado.

1.4.3. Justificación Económica

Esta investigación será beneficiosa a nivel económico, ya que los moradores disminuirán el gasto de mantenimiento de sus vehículos, que están siendo afectados al transitar por esta zona sin pavimentación; además al tener su pavimento para el tránsito vehicular y peatonal, los predios del sector incrementarán su valor comercial, lo que beneficia también económicamente a los moradores del A.H. Brisas del Mar.

1.5. Limitaciones del trabajo

Una de las limitaciones fue que la zona no contaba con sus planos topográficos, por lo cual tuvimos que realizar un levantamiento con estación total para poder determinar la topografía del terreno, siendo costosa esta actividad. Tampoco contaba con sus estudios de mecánica de suelos, por lo que realizamos las respectivas calicatas para poder obtener los estudios necesarios y determinar el CBR del terreno natural que es fundamental para el diseño de pavimento flexible que estamos planteando en la presente investigación.

1.6. Hipótesis de la investigación

El diseño de pavimento flexible para el A.H. Brisas del Mar por el método AASHTO 93, sería el más óptimo tanto técnica como económicamente, comparado con el método del Instituto del Asfalto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Salamanca y Zuluaga (2014) en su trabajo de grado titulado “Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye - Santa Lucía Barranca Lebrija entre las abscisas K19+250 A K25+750 ubicada en el departamento del Cesar”, tuvo como objetivo principal diseñar la estructura del pavimento flexible mediante los métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto en la vía mencionada, para poder observar la variación de los espesores que resulta de cada uno. En el método INVIAS, al evaluar la estructura del pavimento resultó que los espesores no cumplen con el criterio de falla por fisuramiento, por lo que se tuvo que aumentar el espesor de la carpeta asfáltica y disminuir las capas granulares, lo cual optimizó los espesores obtenidos con los otros métodos. Por el método AASHTO 93, los espesores de las capas cumplieron con el criterio general pero no con la protección por capas, por lo que fue necesario aumentar los espesores de la carpeta asfáltica. La estructura de pavimento que resultó óptima fue la que se obtuvo por el método Instituto del Asfalto, la cual está en la capacidad de soportar las solicitaciones generadas por un tráfico esperado de 0.51 millones de ejes equivalentes de 8.2 ton bajo unas características de suelos de tipo limo-arcillosos y areno-limosos, para un periodo de diseño de 10 años contados a partir del año 2014, además de cumplir con los parámetros de fatiga de la subrasante y carpeta asfáltica.

Saldaña (2013), en su tesis “Estudio comparativo de la sensibilidad de la metodología de diseño estructural de pavimentos flexibles: método AASHTO 93 y ME-PDG V 1.1”. La presente investigación tuvo como objetivo comparar la sensibilidad de la metodología de diseño AASHTO 93 y ME-PDG V 1.1 para pavimentos flexibles, por lo cual se enfocó en sensibilizar para condiciones chilenas los parámetros y variables de diseño más sensibles del método ME-PDG v 1.1. Se analizaron las propiedades volumétricas de las capas asfálticas, el tipo de tránsito y la caracterización de la subrasante. La estrategia que se usó para llevar a cabo la comparación fue la de disminuir la vida útil del pavimento, de esta manera, se realizaba el diseño estructural del pavimento flexible y se modificaba la variable que se pretendía sensibilizar, la información utilizada en ambos métodos de diseño era la misma, simplemente cambia la manera como cada método maneja la información. Luego de realizado el análisis a los parámetros y variables de diseño se observó que la mayor disminución en el periodo de vida útil se debió a la no ligazón de la capa asfáltica con la capa inmediatamente inferior y se concluyó que en general el tipo de deterioro determinante en los diseños con en el método ME-PDG v 1.1 es el ahuellamiento en la mezcla asfáltica.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Castillo y Dolores (2020) en su tesis titulada “Análisis comparativo con los métodos Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico CR-ME 2014 para el diseño de pavimento flexible en el A.H. Los Jardines-Nuevo Chimbote”, tiene como objetivo principal determinar el óptimo diseño de la estructura del pavimento flexible, por lo que trabajó con dos métodos: Instituto del Asfalto, bajo los parámetros de diseño, estudio de mecánica de suelos, periodo de diseño, ESAL de diseño, módulo de resiliencia y tipo de base de agregado; y el método Mecanístico-

Empírico CR-ME 2014, con parámetros de diseño, EMS, periodo de diseño, ESAL de diseño, módulo de resiliencia, datos de materiales, estudio de clima y criterios de aceptación para el análisis de desempeño. El valor del ESAL para ambos métodos fue de 1,892,165.703, el módulo de resiliencia de la subrasante se obtuvo mediante la ecuación de correlación del AASHTO 2002. Luego, al realizar la comparación técnica-estructural y económica, los resultados indicaron que el método CR-ME 2014 es el más óptimo para el diseño de pavimento flexible en el A.H. Los Jardines, con valores de carpeta asfáltica de 5”, de base granular de 6” y de subbase granular de 6”.

Escobar y Huincho (2017), los autores en su investigación “Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica – 2017”, hacen mención a la problemática al analizar la influencia de los parámetros para el análisis de la estructura debido a las fallas en la carpeta asfáltica del pavimento. El objetivo principal es determinar la influencia de parámetros de diseño para un buen desempeño del pavimento flexible, usando las metodologías AASHTO 1993 e Instituto del Asfalto. Según lo investigado en el año 2006 el ESAL era 2, 289,418 de ejes equivalentes y un espesor de carpeta asfáltica de 4”; para el 2017 la carpeta asfáltica fue de 7” con un ESAL de 7, 867,970 de ejes equivalentes, por lo que concluyen que a mayor ESAL aumenta el espesor de la carpeta asfáltica requerida y menor ESAL disminuye dicho espesor; de esa manera la estructura trabaja a óptimas condiciones, la vida útil incrementa significativamente, por lo que el modelo en fallas es recomendable el método del Instituto del Asfalto en comparación con el del AASHTO 93.

2.2. Base Teórica

2.2.1. Pavimento

2.2.1.1. Definición

El pavimento es una estructura compuesta por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, las cuales se diseñan y construyen con materiales apropiados y con una adecuada compactación. Estas capas se apoyan sobre la subrasante de una vía obtenida por el movimiento de tierras. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 1).

Las funciones primordiales del pavimento son las de proporcionar una superficie de rodadura uniforme, de color y textura adecuados, resistente a la acción de tránsito, a la del intemperismo y otros agentes perjudiciales; así también, transmitir correctamente los esfuerzos producidos por las cargas impuestas por el tránsito a las terracerías. (Rico & Del Castillo, 2005, pág. 99).

Los esfuerzos en un pavimento producidos por el tránsito vehicular decrecen con la profundidad, por lo cual se colocan los materiales de mejor calidad en las capas superiores, por ser las de mayor soporte, y en las capas inferiores menor calidad, hasta llegar al terreno de fundación que puede ser formado por corte o relleno, éste último generalmente construido con materiales resultantes del corte sin ningún previo proceso. Además del material de las capas mencionado, es importante el proceso constructivo empleado, ya que, si el material no se coloca adecuadamente, se va consolidar por efecto de las cargas y se producirán deformaciones que afectarán a la estructura del pavimento.

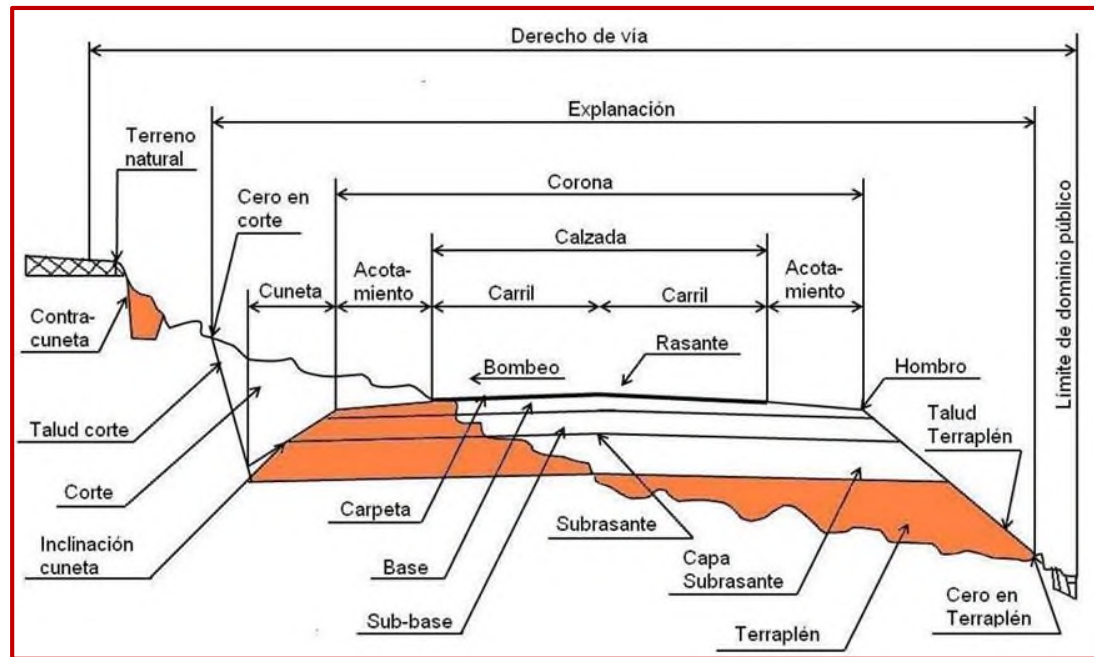


Figura 1.
Estructura del Pavimento

Nota: Tomado de Ingeniería de tránsito Fundamentos y Aplicaciones, Reyes Spíndola & Cárdenas Grisales, 1994, p. 112.

2.2.1.2. Características que debe reunir un pavimento

Según Montejo Fonseca (2002) un pavimento para cumplir adecuadamente sus funciones debe reunir los siguientes requisitos:

- Resistir a la acción de cargas impuestas por el tránsito.
- Resistir ante los agentes de intemperismo.
- Presentar una superficie adaptada a las velocidades previstas de los vehículos. Así como, resistir al desgaste producido por el efecto abrasivo de sus llantas.
- Durabilidad.
- Presentar buenas condiciones de drenaje.
- Moderar el ruido de rodadura.
- Ser económico.
- Poseer un color adecuado, ofreciendo seguridad al tránsito.

2.2.1.3. Funciones de la estructura del pavimento

- Proporcionar a los usuarios una circulación segura, cómoda y confortable sin demoras excesivas.
- Proporcionar a los vehículos acceso bajo cualquier condición climática.
- Reducir y distribuir las cargas de tráfico para que no dañen la subrasante.
- Cumplir requerimientos medio ambientales y estéticos.
- Limitar el ruido y la contaminación del aire.

2.2.1.4. Clasificación de los pavimentos

Para clasificar a los pavimentos existen diferentes criterios y puntos de vista, por lo que en la actualidad es muy complicado obtener una clasificación unificada.

Según Vivar (1995), los pavimentos pueden clasificarse, de manera genérica de acuerdo a los siguientes parámetros:

1. La calidad de los materiales empleados en su construcción: afirmados, estabilizados, aglomerados o mezclas asfálticas y de cemento Portland.
2. El tipo de sollicitación que soportarán a lo largo de su vida de servicio o el uso al que estarán destinados: urbanos, industriales, de carretas, de aeropuertos, o deportivos.
3. El periodo de vida útil para el que son diseñados y construidos: temporales y definitivos.
4. La forma en que se distribuyen las cargas al terreno de fundación: Rígidos, Flexibles y semirrígidos. (p.1).

Para Montejo Fonseca (2002), los pavimentos se clasifican en pavimentos flexibles, pavimentos semi-rígidos o semi-flexibles, pavimentos rígidos y pavimentos articulados.

a) Pavimentos Flexibles

Son pavimentos conformados por una carpeta bituminosa apoyada sobre dos capas no rígidas, que son la base y la subbase; sin embargo, se puede prescindir de cualquiera de ellas dependiendo de las características propias de cada obra. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 2).

b) Pavimentos semi-rígidos

Este tipo de pavimentos tiene una estructura básicamente igual al pavimento flexible, pero una de sus capas se encuentra rigidizada artificialmente con un aditivo que puede ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y químicos. Estos aditivos se emplean con el fin de corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no sean aptos para la construcción de las capas del pavimento, sabiendo que los adecuados están inaccesibles o a distancias que afectaría económicamente. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 5).

c) Pavimentos Rígidos

Están constituidos principalmente por una losa de concreto hidráulico, apoyada sobre la subrasante o sobre una capa, de material seleccionado, la cual se denomina subbase. Por la elevada rigidez y coeficiente de elasticidad del concreto, la distribución de los esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Su capacidad estructural de este tipo de pavimento depende de la resistencia de las losas, por lo que las capas subyacentes ejercen poca influencia en el diseño del espesor de este tipo de pavimento. (Montejo Fonseca, 2002, pág. 5)

d) Pavimentos Articulados

Son aquellos que están compuestos por una capa de rodadura que está elaborada con bloques de concretos prefabricados, denominados adoquines,

de espesor uniforme e iguales entre sí. Estos se ubican sobre una capa delgada de arena, la cual se apoya sobre una capa de base granular o sobre la subrasante directamente, esto va depender de la calidad de ésta y de la magnitud y frecuencia de las cargas a las que será sometido dicho pavimento por la circulación. (pp. 2-7).

2.2.2. Pavimento Flexible

2.2.2.1. Definición

Es un tipo de pavimento que se caracteriza por ser sistemas multicapa con las capas de mejor calidad cerca de la superficie donde las tensiones son mayores. Trabaja distribuyendo la carga hasta que llegue a un nivel aceptable para la subrasante. La capa superior es de concreto asfáltico, por debajo de esta se coloca una base que puede ser de piedra partida, grava bien graduada o materiales estabilizados (con cemento, cal o asfalto), y bajo ésta se coloca una capa de menor calidad denominada subbase.

Los pavimentos flexibles son aquellos en que sus capas constitutivas tienen bajos valores de resistencia a la flexo-tracción, absorbiendo las solicitaciones mediante su resistencia al esfuerzo de corte, dependiendo del espesor y calidad de estas capas, la distribución de la carga superficial hacia el terreno natural. En general la calidad resistente de las capas disminuye a medida que aumenta su distancia (profundidad) de la rasante (plano que recibe las solicitaciones de tránsito). (Pattillo Bergen, 1988).

2.2.2.2. Características

Rico & Del Castillo (1984) mencionan que un pavimento flexible debe cumplir ciertas características fundamentales, las cuales son:

A) Resistencia Estructural

El pavimento flexible debe tener la capacidad suficiente para soportar las cargas del tránsito, durante su periodo de vida útil. Si hablamos de la parte estructural, la principal causa de las fallas son los esfuerzos cortantes; también se generan otros tipos de esfuerzo debido a la aceleración y frenado de los vehículos. Además, en la parte superior de la estructura se producen esfuerzos de tensión.

B) Deformabilidad

En el pavimento flexible se pueden dar dos tipos de deformaciones, las elásticas, son aquellas que al retirar las cargas a las que estaba sometido regresa a su estado inicial; y las plásticas, las cuales al ya no estar expuesto el pavimento a las cargas presentan una deformación permanente, que, aunque el daño no conlleve a un colapso total de la estructura, el pavimento dejaría de cumplir sus funciones.

C) Durabilidad

Es importante que el pavimento dure todo el periodo de vida útil con el cual fue diseñado, y que lo haga en las mejores condiciones, para así evitar que se tengan que realizar rehabilitaciones o reconstrucciones, generando mayores gastos e incomodidad a la población usuaria de tal vía.

D) Costo

En el diseño y su posterior puesta en operación de un pavimento es necesario que se cumplan todos los requisitos de servicio y que estos se hagan a un costo mínimo; en este costo se incluye la construcción inicial del pavimento y el mantenimiento al cual este será sometido durante el periodo de diseño, si así lo requiera.

E) Requerimientos de conservación

Es de suma importancia tener en cuenta muchos factores para que el pavimento se conserve y cumpla con su periodo de diseño. Entre estos factores está el clima, la intensidad del tránsito, el comportamiento de las terracerías, las deformaciones, derrumbes y la degradación estructural de los materiales por repetición de cargas a la que está sometido.

F) Comodidad

La seguridad y la estética que se debe tener en cuenta al diseñar un pavimento son importantes. En especial en grandes autopistas y carreteras, los usuarios deben transitar a la velocidad de proyecto con comodidad, lo cual influye en el diseño; pero no se debe dejar de lado las carreteras de menor importancia u orden, en estas también se deben tener esas consideraciones, solo que las especificaciones van a ser menores.

2.2.2.3. Estructura

La estructura de un pavimento flexible empezando desde la capa superficial está conformada en el siguiente orden: Capa de sellado, capa de rodadura, riego de liga, capa aglutinante, capa de imprimación, capa base, capa subbase, subrasante y el suelo de fundación (Huang, 2004).



Figura 2.
Sección de un Pavimento Flexible Convencional

Nota: Tomado de Pavement Analysis and Design (Segunda edición), Huang, 2004, p. 9.

- **Capa de sellado (Seal coat):** es una capa delgada de asfalto que tiene como función principal proteger la superficie de rodadura del agua, además brinda resistencia al deslizamiento que se puede producir por desgaste en los agregados de la capa de rodadura.
- **Capa de rodadura (Surface course):** es la capa que está en contacto directo con las cargas de tráfico, por ende, debe estar compuesta por materiales de buena y alta calidad. Esta capa se construye con hormigón asfáltico (HMA). Sus funciones primordiales son resistir las cargas de tráfico, brindar una superficie lisa y resistente al deslizamiento, y ser a prueba de agua, protegiendo así las capas base y subbase.
- **Riego de liga (Tack coat):** es generalmente emulsión de asfalto diluido en agua, su función es la de unir adecuadamente las dos capas asfálticas. Los requisitos que debe tener un riego de liga es que debe ser una capa muy delgada, cubrir toda la superficie uniformemente y debe poder “romper” antes de poner la capa de rodadura.

- **Capa aglutinante (Brinder course):** o capa base del asfalto, esta capa se coloca adicionalmente a la capa de rodadura solo en los siguientes casos; cuando la capa de rodadura tiene mucho espesor y se complica en la compactación, por ende, se coloca en dos partes; el otro caso es para reducir los costos, ya que esta capa contiene agregados grandes y poco asfalto, siendo más económica.
- **Capa de imprimación (Prime coat):** es una capa delgada de asfalto tipo cut-back de baja viscosidad que va unir a la capa base con la capa asfáltica. La diferencia con el riego de liga, es que éste no requiere la penetración de asfalto en la capa inferior mientras que la capa de imprimación sí. También sirve para llenar los espacios vacíos y formar una superficie impermeable.
- **Capa Base (Base course):** es el principal elemento estructural en los pavimentos flexibles, puede estar conformado de diferentes formas, como de agregados aglomerados con asfalto (bases negras y estabilizadas), de agregados aglomerados con cemento Portland (bases estabilizadas con cemento o bases de concreto compactado con rodillo), o de suelos sin aglomerar como es el caso de las bases de grava.
- **Capa Subbase (Subbase course):** esta capa está ubicada debajo de la base. Tiene tres funciones como capa: **Drenante**, ya que ayuda en la evacuación lateral de las aguas que provienen del nivel freático, de aniegos o de infiltraciones; **Anticontaminante**, ya que evita el arrastre de los finos de la subrasante hacia la base, así como de las gravas y piedras de la base hacia una subrasante blanda; y **Resistente**, es capaz de distribuir las cargas de tránsito sobre la subrasante.

Las capas base y subbase son de material granular diferente, y se usan ambas por motivos netamente económicos, ya que si se realiza una sola capa granular se gastaría más en los materiales, en cambio de este modo, se utilizan materiales de menor calidad y costo para la subbase y de mayor calidad y costo en la base.

➤ **Subrasante (Subgrade):** es la porción de suelo de fundación, la cual debe ser nivelada, perfilada y compactada, para que sirva de apoyo para las capas del pavimento que les serán colocadas.

Para Montejo (2002) las capas de un pavimento flexible son las subbase granular, la base granular y la carpeta asfáltica, las cuales presentan las siguientes funciones respectivamente:

- **Subbase Granular:** la función primordial de esta capa es la económica, ya que al construir esta capa aumenta el espesor total del pavimento, pero disminuye el costo que generaría construir solo la base con materiales de alta calidad para resistir los esfuerzos que llegarían a la subrasante, por eso se distribuyen las capas de mayor calidad en la parte superior y las de menos calidad en la parte inferior, siendo esta capa barata. También sirve como capa de transición, si está bien diseñada va impedir la mezcla y contaminación entre la base y la subrasante. Además, la subbase ayuda a disminuir deformaciones evitando que se vea en la superficie de rodamiento, ya que, ante cambios volumétricos de la subrasante por presencia de agua o cambios de temperatura elevados, son absorbidos por esta capa. En lo que respecta a resistencia, al igual que las otras capas, debe resistir, distribuir y transmitir los esfuerzos a la

subrasante. Por último, cumple la función de drenaje, ya que, en caso de infiltraciones, drena el agua y evita la ascensión capilar a la base.

- **Base Granular:** su función principal es la de ser una capa resistente y transmitir los esfuerzos a las capas inferiores (subbase y subrasante) con una intensidad adecuada.

- **Carpeta Asfáltica:** esta capa cumple tres funciones primordiales, servir como superficie de rodamiento uniforme y estable al tránsito, ser impermeable para impedir el paso del agua al interior del pavimento, y ser resistente a los efectos abrasivos del tránsito y a la tensión, complementando la capacidad estructural del pavimento. (pp. 4-5).

2.2.2.4. Fallas

Las fallas en los pavimentos flexibles perjudican la seguridad, comodidad y rapidez con la que debe circular el tráfico, impidiendo que se logre una certera serviciabilidad durante su periodo de diseño. Entre las fallas más comunes tenemos la **piel de cocodrilo**, que se da por fatiga del material iniciando las tensiones y deformaciones desde la parte inferior de la capa de asfalto o de la base debido a que logra sus mayores valores por efecto de las cargas de tránsito; además está formada por fisuras interconectadas y se da mayormente en zonas donde hay cargas repetidas a las que se somete el pavimento. La **exudación** se presenta como una telilla de material bituminoso en la superficie del pavimento y se da por un mal diseño de mezcla, ya sea por mucha cantidad de asfalto o bajo contenido de vacíos, los cuales son llenados por el asfalto en tiempos de calor. Las **fisuras en bloque**, se generan por rigidización y contracción del asfalto o por una inestable subrasante, y se presenta como una serie de polígonos con bordes agudos y quebrados. Las **fisuras longitudinales**, son aquellas que

normalmente aparecen paralelas al eje de la calzada y se dan por junta defectuosa de un carril con otro, contracción del concreto asfáltico y por reflexión de fisuras originadas por mucho movimiento de juntas o fisuras bajo el concreto asfáltico. **Desprendimientos y peladuras**, ocurren por endurecimiento del asfalto, en el caso del desprendimiento se basa en la pérdida de agregados de la superficie del pavimento y las peladuras constan de la pérdida de asfalto de la superficie. El **ahuellamiento**, se presenta como una depresión longitudinal de la superficie del pavimento, se puede originar por movimiento plástico de la mezcla en época cálida, por una inadecuada compactación o por abrasión de las ruedas; si éste es de gran escala causa graves fallas en la estructura y hasta el vehículo podría sufrir una pérdida de tracción y de control, llamado acuaplaneo. Las **fisuras transversales**, no se dan por cargas, sino por contracción del concreto asfáltico expuesto a temperaturas bajas o porque el asfalto se ha endurecido. Por último, las **fisuras reflejadas**, se da en los casos donde se construye un pavimento asfáltico sobre uno de hormigón con juntas, y en este último ocurre un deslizamiento de la losa de hormigón ya sea por la humedad o por cambios bruscos de temperatura, generando así la fisura, la cual al seguir expuesta por las cargas de tránsito puede provocar la rotura del concreto asfáltico y hasta la desintegración. (Cordo, 2006, págs. 17-18).

Existen causas que generan las fallas mencionadas anteriormente, el MTC en su Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014), las agrupa del siguiente modo, en primer lugar, se da por el **aumento súbito de cargas de tránsito**, ya sea por el peso o reiteración del paso de vehículos, lo cual no ha sido considerado al momento de diseñar, convirtiéndose en un infradiseño. También, por **deficiencia en el proceso constructivo**, es decir que

al momento de construir ocurren errores como realizar los espesores menores a los de diseño, mezclar inadecuadamente los materiales, deficiencia en la compactación y terminación, entre otros factores que van afectar la calidad de los materiales y debilitar la estructura del pavimento. Además, por **proyecto deficiente**, en el cual se calculan o diseñan los espesores del pavimento se forma inadecuada, resultando menores a los que necesita en realidad la carretera. Los **factores climáticos**, también son una causa importante que se debe prever durante el diseño o la construcción, entre estos podemos mencionar a la elevación de la napa freática, inundaciones, lluvias duraderas, variaciones de temperatura, congelamiento, presencia de sales nocivas, entre otros, lo cual resulta muy desfavorable. Por último, la **deficiente conservación vial**, que se da por falta de equipos o personal capacitado, por usar materiales o técnicas incorrectas, o bien por la total falta de conservación. (pp. 155-156).

2.2.3. Variables para el Diseño de Pavimento

El diseño de pavimentos es un proceso mediante el cual los componentes estructurales que lo conforman como son la subbase, base y carpeta, se determinan considerando la naturaleza de la subrasante, las condiciones ambientales el tráfico vial y el mantenimiento. Diseñar un pavimento es definir los espesores y rigideces de cada capa que lo constituye y definir sus materiales adecuadamente con el fin de lograr una vía cómoda, resistente, segura y duradera en el transcurso de su periodo de vida útil, para así tener un eficiente y adecuado tránsito vehicular.

2.2.3.1. Periodo de diseño

El periodo de diseño es el tiempo, expresado en años, que va perdurar un pavimento desde el momento de su construcción hasta que necesite alguna rehabilitación o reconstrucción, durante este periodo el pavimento debe seguir

cumpliendo sus características esenciales de resistencia, seguridad, confort y durabilidad, teniendo así un adecuado funcionamiento, evitándose fallas o anomalías que podrían afectar el estado de la vía. Existen razones por lo cual no se cumple este periodo de diseño, las cuales pueden ser por tener un diseño deficiente, por incremento de tránsito no previsto, defectos en la construcción, mal funcionamiento del drenaje, por falta de un mantenimiento adecuado al pavimento, entre otras causas, que generan que el pavimento falle antes del periodo pactado con el cual se diseñó, cabe recalcar que este periodo incluye los mantenimientos que se darán en el transcurso de la vida del pavimento; así también puede presentarse el caso en que dure mucho más del tiempo diseñado.

2.2.3.2. Estudio de Tráfico

2.2.3.2.1. Demanda de tráfico

La demanda de tráfico es muy importante conocerla con suficiente precisión para poder planificar y diseñar un pavimento en las mejores condiciones posibles. Es necesario saber estos datos para estimar hasta que límite de volumen de tráfico crecerá la demanda, que va afectar a la estructura vial en el transcurso del periodo de análisis en un determinado estudio. El estudio de tráfico nos va permitir determinar el índice medio diario anual (IMDA) de la vía en estudio. (MTC, 2014, p. 61).

El IMDA es el valor numérico estimado de tráfico vehicular en un determinado tramo de la vía durante el periodo de un año. Según el MTC, es el resultado de los conteos volumétricos y clasificación vehicular en la zona de estudio, y un factor de corrección que estime el comportamiento analizado del tráfico de pasajeros y mercancías. En la presente tesis se llevó a cabo ese conteo vehicular utilizando formatos del MTC, donde está clasificado por tipo de

vehículos y en cada sentido, en el cual se fue anotando el flujo de vehículos por el punto de control designado para la investigación, resultándonos de esto el índice medio diario anual, necesario para el diseño del pavimento.

2.2.3.2.2. Factor Direccional y Factor Carril

El factor de distribución direccional se deduce del total de tráfico vehicular pesado, del cual la mitad circula en cada sentido, aunque a veces en una dirección resulta mayor que en la otra, lo cual ya se definirá según el conteo vehicular.

El factor de distribución carril concierne al carril que va admitir el mayor número de ejes equivalente (EE), canalizándose por este carril el tránsito por dirección.

Ambos factores son expresados como una relación, y sus valores van a depender del número de sentidos y del número de carriles por sentido, donde este factor ponderado se va aplicar al IMD para obtener el tráfico para el carril de diseño del pavimento. Estos factores se pueden observar en la Tabla 1.

Tabla 1.

Factores de distribución direccional y de carril para determinar el tránsito en el carril de diseño.

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

Nota: Tomado del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, MTC, 2014, p. 62.

2.2.3.2.3. Tasas de Crecimiento y Proyección

El crecimiento de tránsito se puede hallar con una fórmula de progresión geométrica, primero para el componente del tránsito de vehículos de pasajeros y por separado para el de vehículos de carga, la cual es la siguiente:

Ecuación 1. Tránsito proyectado

$$T_n = T_o (1 + r)^{n-1} \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

T_n = Tránsito proyectado al año “n” en veh/día

T_o = Tránsito actual (año base 0) en veh/día

n = Número de años del periodo de diseño

r = Tasa anual de crecimiento del tránsito.

La tasa anual de crecimiento del tránsito varía generalmente entre 2% y 6%, se puede obtener asociando la tasa de crecimiento del tránsito de vehículos de pasajeros con la tasa anual de crecimiento poblacional, y la del tránsito de vehículos de carga con el Producto Bruto Interno (PBI). Ambos deben ser datos estadísticos de la Región. (MTC, 2014, p. 63).

El factor de crecimiento acumulado (Fca) se puede determinar considerando el periodo de diseño en años (n) y la tasa anual de crecimiento (r); en la siguiente Tabla 2 se presentan los valores del Fca facilitado por el MTC, los valores salen de la siguiente fórmula:

Ecuación 2. Factor de crecimiento acumulado

$$Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \dots\dots\dots (2)$$

Tabla 2.

Factores de crecimiento acumulado (Fca) para el cálculo de números de repeticiones de EE.

Periodo de Análisis (años)	Factor sin crecimiento	Tasa anual de crecimiento (r)							
		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	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.00	8.58	8.89	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.00	9.75	10.16	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.00	10.95	11.46	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.00	12.17	12.81	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.00	13.41	14.19	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.00	14.68	15.62	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.00	15.97	17.09	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.00	17.29	18.60	20.02	21.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.00	18.64	20.16	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.00	20.01	21.76	23.70	25.84	28.21	30.84	33.75	40.55
18	18.00	21.41	23.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.00	22.84	25.12	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.00	24.30	26.87	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28

Nota: Los valores de la tasa anual de crecimiento van del 2 al 10 y todos los valores debajo corresponden a los Fca.

2.2.3.2.4. Número de repeticiones de ejes equivalentes

La demanda de tráfico pesado de ómnibus y camiones son los que tienen mayor relevancia al diseñar un pavimento.

Los efectos que genera el tránsito en el pavimento se va medir, según AASHTO, en la unidad definida como Ejes Equivalente (EE) acumulados durante el periodo de diseño. Los EE corresponden al efecto del desgaste al que es sometido el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales sumado con 8.2 toneladas de peso, y con neumáticos a la presión de 80 lbs/pulg². Los ejes equivalentes representan el factor destructivo de las diferentes cargas, por tipo de eje que forma cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento. (MTC, 2014, p. 64).

Conjunto de Eje (s)	Nomenclatura	Nº de Neumáticos	Grafico
EJE SIMPLE (Con Rueda Simple)	1RS	02	
EJE SIMPLE (Con Rueda Doble)	1RD	04	
EJE TANDEM (1 Eje Rueda Simple + 1 Eje Rueda Doble)	1RS + 1RD	06	
EJE TANDEM (2 Ejes Rueda Doble)	2RD	08	
EJE TRIDEM (1 Rueda Simple + 2 Ejes Rueda Doble)	1RS + 2RD	10	
EJE TRIDEM (3 Ejes Rueda Doble)	3RD	12	

Figura 3.

Configuración de ejes

Nota: Las abreviaturas RS significa Rueda Simple y RD Rueda Doble.

Para las diferentes configuraciones de ejes de vehículos pesados, entre buses y camiones, y según el tipo pavimento, se han utilizado relaciones simplificadas, que se obtuvieron de correlacionar valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO 93, para hallar los ejes equivalentes (EE), las cuales podemos apreciar en la Tabla 3.

Tabla 3.

Relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) para afirmados, pavimentos flexibles y semirrígidos

TIPO DE EJE	EJE EQUIVALENTE (EE _{8.2m})
Eje simple de ruedas simples (EE _{S1})	$EE_{S1} = [P / 6.6]^{4.0}$
Eje simple de ruedas dobles (EE _{S2})	$EE_{S2} = [P / 8.2]^{4.0}$
Eje Tándem (1 eje ruedas dobles+1 eje rueda simple) (EE _{TA1})	$EE_{TA1} = [P / 14.8]^{4.0}$
Eje Tándem (2 ejes de ruedas dobles) (EE _{TA2})	$EE_{TA2} = [P / 15.1]^{4.0}$
Eje Tridem (2 ejes ruedas dobles+1 eje rueda simple) (EE _{TR1})	$EE_{TR1} = [P / 20.7]^{3.9}$
Ejes Tridem (3 ejes de ruedas dobles) (EE _{TR2})	$EE_{TR2} = [P / 21.8]^{3.9}$

P = peso real por eje en toneladas

Nota: Adaptado del MTC (2014) en base a correlaciones con los valores de las Tablas del apéndice D de la Guía AASHTO 93.

En el diseño de pavimentos se va escoger el número de EE que circula por el carril de diseño, el cual es el que va soportar las mayores cargas, y el resultado de esto se adoptará a todos los otros carriles de la sección vial de tal carretera. Se deberá analizar el tipo de sección transversal operativa de la carretera, el total de calzadas vehiculares y la distribución de carga sobre cada carril que la conforma, para así poder determinar la demanda sobre el carril de diseño.

En el Perú, para el cálculo de esta demanda se basan en la estratificación muestral de la carga por cada tipo de vehículo, para esto se centran solo en el tráfico pesado con el fin de hallar un promedio detallado, pesando la carga real por tipo de vehículo muestreado, por tipo de ejes que lo conforman y por carga efectiva que lleva el eje; determinado todo esto se procederá a calcular el factor vehículo pesado de cada tipo de vehículo que circula por tal camino; el factor mencionado va resultar del promedio de EE hallado para cada tipo de vehículo pesado que fue identificado en la vía.

El Factor Vehículo Pesado (Fvp) se refiere al número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado, ya sea bus o camión, y este se calcula dividiendo la sumatoria de EE de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total de ese mismo tipo de vehículo mencionado. (MTC, 2014, p. 66).

Para hallar los ejes equivalentes EE se tendrá que utilizar los valores de cargas o pesos reales por eje de los vehículos pesados, los cuales los podemos encontrar en el Reglamento Nacional de Vehículos (2003), por lo que se adjunta en la Figura 4, los que se han presentado en la presente investigación al realizar el conteo vehicular, y con los cuales se va trabajar para nuestro presente estudio de tráfico.

TABLA DE PESOS Y MEDIDAS								
Configuración vehicular	Descripción gráfica de los vehículos	Long. Máx. (m)	Peso máximo (t)				Peso bruto máx. (t)	
			Eje Delant	Conjunto de ejes posteriores				
				1º	2º	3º		4º
C2		12,30	7	11	---	---	---	18
C3		13,20	7	18	---	---	---	25
C4		13,20	7	23 ⁽¹⁾	---	---	---	30

T2S1		20,50	7	11	11	--	--	29
T2S2		20,50	7	11	18	--	--	36
T2S3		20,50	7	11	25	--	--	43
T3S1		20,50	7	18	11	--	--	36
T3S2		20,50	7	18	18	--	--	43
T3S3		20,50	7	18	25	--	--	48 ⁽²⁾
B2		13,20	7	11	--	--	--	18
B3-1		14,00	7	16	--	--	--	23
B4-1		15,00	7+7 ⁽⁶⁾	16	--	--	--	30

Figura 4.
Pesos y medidas máximas permitidas

Nota: Tomado del Reglamento Nacional de Vehículos (2003), pp.78-84.

Para los pavimentos flexibles y semirrígidos, para hallar los EE, el ingeniero responsable debe tomar en cuenta un factor de ajuste por presión de neumáticos, de esta forma se está considerando también el daño que estos producen sobre el pavimento. En el caso de afirmados y pavimentos rígidos este factor se considera 1.0. Los valores de los factores de presión de neumáticos se muestran en la Tabla 4, y estos fueron obtenidos de correlacionar los valores del Manual MS-1 del Instituto del Asfalto, en su figura IV-4 EAL Adjustment Factor for tire pressures, solo que se cambió la presión inicial de 70 psi por una de 80 psi para esta tabla. (MTC, 2014, pp. 71-72).

Tabla 4.

Factor de ajuste por presión de neumáticos (Fp) para ejes equivalentes (EE)

Espesor de Capa de Rodadura (mm)	Presión de Contacto del Neumático(PCN) en psc						
	PCN = 0.90x[Presión de inflado del neumático] (psi)						
	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	1.5	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

Nota:

*Presión de inflado del neumático (Pin) está referido al promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículo pesado.

*Presión de contacto del neumático (PCN) es igual al 90% del promedio de presiones de inflado de neumáticos por tipo de vehículos pesados.

*Para espesores menores de capa de rodadura asfáltica, se aplicará el factor de ajuste igual al espesor de 50 mm.

Para hallar el número de repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 Tn en un determinado periodo de diseño, se va utilizar la siguiente formula por tipo de vehículo, y el resultado final va ser la sumatoria de los vehículos pesados diversos que se han tomado en cuenta:

$$N_{rep \text{ de EE } 8.2Tn} = \sum [EE_{\text{día-carril}} \times F_{ca} \times 365]$$

Donde:

Tabla 5.

Datos para calcular el número de repeticiones de EE de 8.2 Tn

Parámetros	Descripción
Nrep de EE_{8.2Tn}	Número de repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 Tn
EE_{día-carril}	EE _{día-carril} = Ejes Equivalentes por cada tipo de 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 Carril, por el Factor Vehículo Pesado del tipo seleccionado y por el Factor de Presión de Neumáticos. Para cada tipo de vehículo pesado, se aplica la siguiente relación: EE_{día-carril} = IMD_{pi} x F_d x F_c x F_{vpi} x F_{pi} Donde: IMD _{pi} : corresponde al Índice Medio Diario según tipo de vehículo pesado seleccionado(i) F _d : Factor Direccional, según Tabla 1. F _c : Factor Carril de diseño, según Tabla 1. F _{vpi} : Factor vehículo pesado del tipo seleccionado (i) calculado según su composición de ejes. Representa el número de ejes equivalentes promedio por tipo de vehículo pesado (bus o camión), y el promedio se obtiene dividiendo el total de ejes equivalentes (EE) de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total del tipo de vehículo seleccionado. F _{pi} : Factor de Presión de neumáticos, según Tabla 4.
Fca	Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado (según Tabla 2)
365	Número de días del año
Σ	Sumatoria de Ejes Equivalentes de todos los tipos de vehículo pesado, por día para el carril de diseño por Factor de crecimiento acumulado por 365 días del año.

Nota: Adaptado del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, MTC, 2014, p. 73.

2.2.3.3. Suelos

Para un correcto diseño de pavimento es muy importante realizar una exploración e investigación del suelo en estudio, de tal forma obtendremos las características tanto físicas como mecánicas del suelo, con lo que vamos a poder ejecutar de manera adecuada nuestro diseño de pavimento.

2.2.3.3.1. Exploración de Suelos

Para la exploración de suelos la AASHTO recomienda aplicar la norma T 86-90 equivalente a la ASTM D420-69. Primero se debe realizar un reconocimiento de la zona en estudio, y luego la exploración e investigación a lo largo de toda la vía y en las zonas de préstamo, de esa forma se va poder identificar los diversos tipos de suelo que puedan mostrarse.

Para llevar a cabo esta exploración se procederá a realizar calicatas o pozos exploratorios, de los cuales se va obtener muestras representativas de cada estrato encontrado, con tales muestras se ejecutarán ensayos en laboratorio, para obtener los resultados del suelo y determinar su perfil estratigráfico acotado con un espesor mínimo de 1.50m. (MTC, 2014, p. 28).

2.2.3.3.2. Sub rasante

Para determinar las características físicas y mecánicas de la sub rasante, se ejecutarán calicatas o pozos exploratorios con una profundidad mínima de 1.50m., la cantidad de calicatas por kilómetro que se realizará será acorde la Tabla 6. Estas calicatas se deben realizar de manera longitudinal y alternada, dentro del ancho de la calzada, y deben ubicarse una de otra a distancias casi iguales. Un material apto para las capas de la sub rasante, es aquel suelo que tenga el valor de CBR mayor o igual a 6%, por lo contrario, si resulta menor a este valor sería una sub rasante insuficiente o inadecuada

y se procederá a la estabilización de ese suelo, para luego ser usado como capa sub rasante y se pueda colocar el pavimento sobre este.

Tabla 6.
Número de calicatas para exploración de suelos

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

Nota: Tomado del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, MTC, 2014, p. 28.

Las muestras representativas obtenidas de cada estrato de las calicatas, deben estar identificadas con una tarjeta donde indique la ubicación de la calicata, el número de muestra y la profundidad, para que después se coloquen en bolsas de polietileno y sean trasladadas al laboratorio para sus respectivos ensayos. También, se deben extraer muestras representativas de la sub rasante para ejecutar los ensayos de Módulos de Resiliente (MR) o ensayos de CBR para correlacionarlos con ecuaciones de Mr, el número de ensayos se llevará a cabo de acuerdo al tipo de carretera, según lo indicado en la Tabla 7. (MTC, 2014, p. 30).

Tabla 7.
Número de ensayos MR y CBR

Tipo de Carretera	Nº MR y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 1 MR cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido. • Calzada 3 carriles por sentido: 1 MR cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido. • Calzada 4 carriles por sentido: 1 MR cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido.
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Calzada 2 carriles por sentido: 1 MR cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido. • Calzada 3 carriles por sentido: 1 MR cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido. • Calzada 4 carriles por sentido: 1 MR cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido.
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • 1 MR cada 3 km y 1 CBR cada 1 km.
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 1.5 km se realizará un CBR. (*)
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 2 km se realizará un CBR. (*)
Carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> • Cada 3 km se realizará un CBR.

Nota: (*) La necesidad de efectuar los ensayos de módulos de resiliencia, será determinado en los respectivos términos de referencia, previa evaluación de la zona de estudio y la importancia de la obra.

2.2.3.3.3. Clasificación de Suelos

La clasificación de los suelos se realizará obligatoriamente por los sistemas AASHTO y SUCS, donde se necesita básicamente conocer la granulometría, plasticidad e índice de grupo del suelo para poder clasificarlo, términos que se verán más adelante en el presente informe. En la Tabla 8 se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación mencionados.

Tabla 8.
Correlación de tipos de suelos AASHTO – SUCS

Clasificación de Suelos AASHTO	Clasificación de Suelos SUCS
AASHTO M-145	ASTM – D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Nota: Tomado del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, MTC, 2014, p. 35.

La clasificación mostrada va ayudar a predecir el comportamiento aproximado de los suelos, lo cual, desde un punto de vista geotécnico, contribuye a delimitar los sectores homogéneos.

Clasificación AASHTO

El sistema de clasificación AASHTO se puede observar en la Tabla 9, donde los suelos se dividen en 7 grupos desde el A-1 al A-7. Los suelos en los que el 35% o menos de las partículas pasan el tamiz N° 200 son los granulares, entre estos están los grupos del A-1 al A-3; y en los suelos donde pasa más del 35% el tamiz N° 200, son los finos, donde están incluidos los grupos desde el A-4 al A-7.

Para la realización del perfil estratigráfico se deben seguir las simbologías presentadas en la Figura 5.

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

Figura 5.
Signos convencionales para perfil de calicatas – clasificación AASHTO

Nota: Tomado del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, MTC, 2014, p. 32.

Tabla 9.
Clasificación de los suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282

Clasificación general	Suelos granulosos							Suelos finos				
	35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N°200)							más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N°200)				
Clasificación de Grupo	A-1		A-3	A-2			A-4	A-5	A-6	A-7		
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulométrico												
% que pasa por el tamiz de:												
2 mm (N°10)	máx.50											
0.425 mm (N°40)	máx.30	máx.50	mín. 51									
0.075 mm (N°200)	máx.15	máx.25	máx.10	máx.35	máx.35	máx.35	máx.35	mín.36	mín.36	mín.36	min. 36	mín.36
Características de la fracción que pasa el tamiz N°40											IP<LL-30	IP<LL-30
LL: Límite de Líquido				máx.40	mín. 41	máx.40	mín. 41	máx.40	mín.41	máx.40	mín. 41	mín.41
IP: Índice de plasticidad	máx. 6	máx.6	NP	máx.10	máx.10	mín. 11	mín. 11	máx.10	máx.10	min.11	mín. 11 ^(a)	mín.11 ^(b)
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arenas finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excelente a bueno							Regular a insuficiente				

Nota: (a) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-5: es igual o menor que LL-30.

(b) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7-6: es igual o menor que LL-30.

✚ Clasificación SUCS

El sistema de clasificación SUCS (unificado) clasifica a los suelos en dos grandes categorías:

1. Los suelos de material granular gruesos son catalogados gravosos y arenosos, donde menos del 50% de las partículas pasa la malla N° 200.

En la simbología de grupo, el prefijo G significa grava y el prefijo S arena o suelo arenoso.

2. Los suelos de grano fino, que son los que el 50% o más de las partículas pasan por la malla N° 200. Entre los códigos de grupo usados tenemos al prefijo M, que abarca a los limos inorgánicos, C para arcillas inorgánicas y O para arcillas y margas orgánicas. También se tiene la simbología Pt, que es para turba y otros tipos de suelo que contengan material orgánico en mayores proporciones. Además, se usan otros símbolos, como la W bien graduado, P deficientemente graduado, L disminución de plasticidad (límite líquido menor que 50) y H aceptación de plasticidad (límite líquido mayor que 50).

En la Figura 6 se puede observar la simbología que se debe utilizar para el perfil de las calicatas y los signos o prefijos que se maneja según este sistema de clasificación de suelos.

	Grava bien graduada, mezcla de grava con poco o nada de materia fino, variacion en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal granulada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo organico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo organico de plasticidad baja o mediano, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variacion en tamaños granulares y cantidades de particulas en tamaños intermedios		Limo organico y arcilla limosa organica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de particulas intermedios		Limo inorganico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elástico
	Arcilla inorganica de elevada plasticidad, arcilla gravosa		
	Arcilla organica de mediana o elevada plasticidad, limo organico		
	Turba, suelo considerablemente organico		

Figura 6.
Signos convencionales para perfil de calicatas – clasificación SUCS

Nota: Tomado del Manual de Ensayo de Materiales, MTC E101, 2016, p. 19.

2.2.3.3.4. Ensayos en Laboratorio

Las muestras obtenidas de cada estrato encontrado en las calicatas serán trasladadas, con previa identificación, en bolsas de polietileno hacia el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Santa, para proceder con los ensayos de caracterización tanto física como mecánica, obteniendo resultados que nos ayuden a identificar el tipo de suelo y sus propiedades, lo que contribuye y es de gran importancia para diseñar correctamente nuestro pavimento flexible, y su posterior construcción. Para esto se va definir las propiedades básicas del suelo, de las cuales se realizarán sus respectivos ensayos de acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

2.2.3.3.4.1. Granulometría

El análisis granulométrico indica la distribución de los tamaños de los diferentes elementos que constituyen al suelo, lo cual se obtiene mediante el tamizado según lo indicado en el Manual de Ensayo de Materiales MTC E 107. Al realizar este ensayo se va determinar la proporción de cada elemento del suelo según su tamaño, con lo cual podemos clasificarlo de acuerdo a la Tabla 10. (MTC, 2014, pp. 33).

Tabla 10.
Clasificación de suelos según tamaño de partículas

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
Arena		Arena media: 2.00 mm – 0.425 mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
Fino	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Nota: Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, MTC, 2014, p. 33.

✚ Curva Granulométrica

Es una gráfica semilogarítmica que representa los resultados obtenidos del tamizado de las partículas o por hidrométrico, donde en el eje de ordenadas va el porcentaje que pasa en peso de las partículas y está a una escala aritmética, y en el eje de las abscisas va los diámetros de las partículas en milímetros y está en una escala logarítmica.

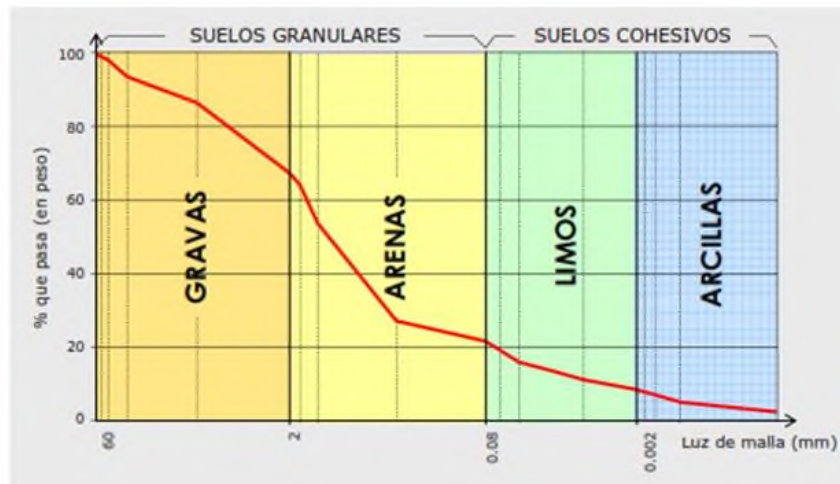


Figura 7.
Curva granulométrica

Nota: Tomado del Manual de Carreteras, Bañón y Beviá, 2000, p. 6.

✚ Análisis Granulométrico por Tamizado

El análisis granulométrico por tamizado es un ensayo que trata sobre pasar una determinada muestra de suelo, obtenido de alguna calicata o pozo exploratorio, por una serie de tamices, los cuales serán mencionados en la Tabla 11, de forma gradual, con el objetivo de hallar el porcentaje de material retenido en cada malla, valor con el cual se generará la curva granulométrica antes mencionada. Este ensayo se debe realizar acorde el Manual de Ensayos de Materiales MTC E 107.

Tabla 11.
Relación de tamices de malla cuadrada

TAMICES	ABERTURA (mm)
3”	75,000
2”	50,800
1 ½”	38,100
1”	25,400
¾”	19,900
3/8”	9,500
Nº 4	4,760
Nº 10	2,000
Nº 20	0,840
Nº 40	0,425
Nº 60	0,260
Nº 140	0,106
Nº 200	0,075

Nota: Tomado del Manual de Ensayo de Materiales, MTC E 107, 2016, p. 44.

2.2.3.3.4.2. Plasticidad

La plasticidad es una propiedad del suelo que indica la estabilidad que puede tener sin disgregarse al ser sometido a humedad, por lo que depende de los elementos finos que contenga. Para determinar esto, se deben hallar los Límites de Atterberg, los cuales van a definir la sensibilidad en el comportamiento de un suelo con respecto al contenido de humedad del mismo; estos son:

- Límite Líquido (LL): es cuando el suelo pasa del estado semilíquido al estado plástico, además puede moldearse.
- Límite Plástico (LP): es cuando el suelo pasa del estado plástico al estado semisólido, y tiende a romperse.
- Límite de Contracción (retracción): es cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido, dejando de contraerse al perder humedad. (MTC, 2014, p. 33).

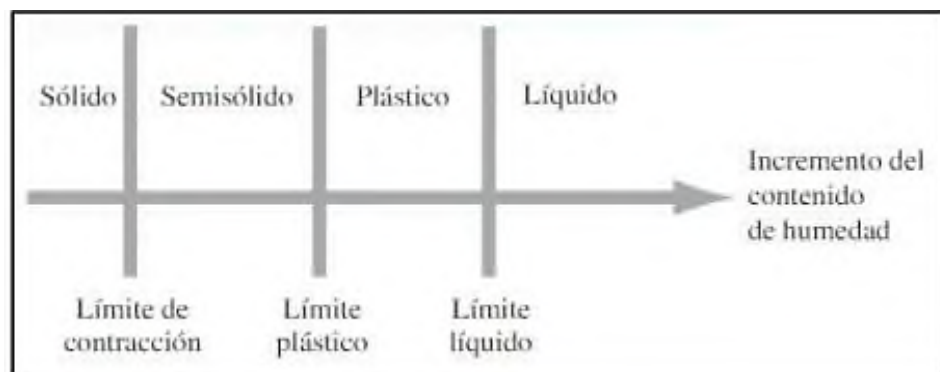


Figura 8.
Límites de atterberg

Nota: Recuperado de Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, Braja, 2013, p.64.

Además de estos límites, cada recalar un valor que se genera de la diferencia entre el LL y LP, que es el Índice de Plasticidad (IP), el cual se llevará a cabo siguiendo el Manual de Ensayo de Materiales MTC E 111.

Ecuación 3. Índice de plasticidad

$$IP = LL - LP \dots\dots\dots (3)$$

Este índice presenta la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo va poseer consistencia plástica y además el suelo en relación a su índice de plasticidad se puede clasificar bastante bien, siguiendo lo indicado en la Tabla 12.

Es muy importante tener en cuenta que cuando un suelo presenta un gran contenido de arcilla tiende a ser sensible al agua, lo cual es muy perjudicial para ser suelo de sub rasante y en general para toda la estructura del pavimento.

Tabla 12.

Clasificación de suelos según su índice de plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$IP \leq 20$	Media	Suelos arcillosos
$IP > 7$		
$IP < 7$	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
$IP = 0$	No Plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Nota: Tomado del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, MTC, 2014, p. 34.

2.2.3.3.4.3. Humedad Natural

La humedad natural que presenta un suelo es importante conocerla, ya que la resistencia de los suelos de sub rasante, en especial de los finos, está directamente asociada con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos presenten. Para determinar el contenido de humedad del suelo se debe realizar un ensayo según lo indicado en el Manual de Ensayo de Materiales MTC E 108. (MTC, 2014, p. 35).

2.2.3.3.4.4. Compactación de suelos

La compactación de suelos es el proceso mediante el cual aumenta su peso volumétrico, y se lleva a cabo en los controles durante la construcción de un pavimento, por lo que es necesario conocer la máxima densidad seca (MDS) y el óptimo contenido de humedad del suelo (OCH), estos valores

se obtienen con el ensayo de Proctor Estándar (MTC E 116) y Proctor Modificado (MTC E 115), los cuales se diferencian por la cantidad de energía de compactación que tiene cada uno de ellos, donde la energía usada en el ensayo de Proctor Modificado es 4.5 veces mayor a la del Proctor Estándar.

La máxima densidad seca es el peso seco máximo, producto de la compactación del material mediante la mezcla de diversos porcentajes de agua. El óptimo contenido de humedad viene a ser el porcentaje de agua necesaria para que el suelo llegue a su máxima densidad seca. (Montejo Fonseca, 2002, p. 64).

2.2.3.3.4.5. Capacidad de soporte (CBR)

El índice CBR (California Bearing Ratio) es el indicador que determina la capacidad portante del suelo, la cual se refiere a la capacidad que tiene el suelo de soportar una carga sin producir deformaciones. El valor de CBR está referido al 95% de la Máxima Densidad Seca (MDS) y a una penetración de carga de 2.54 mm. (MTC, 2014).

El ensayo CBR es una medida indirecta de la resistencia del suelo a la penetración, se obtiene un indicador de la resistencia del suelo de la subrasante, sub base y base para su posterior uso en carreteras; además el valor de CBR, expresado en porcentaje, puede ser aplicado directamente para el diseño de pavimentos en los métodos empíricos como es el caso de ambos métodos propuestos en la presente investigación; para realizar el ensayo se debe seguir con el procedimiento indicado en el Manual de Ensayo de Materiales MTC E 132.

Teniendo el valor de CBR de diseño, se clasificará a que categoría de subrasante pertenece el sector o subtramo ensayado, según la Tabla 13.

Tabla 13.

Categorías de sub rasante

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

Nota: Tomado del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, MTC, 2014, p. 37.

2.2.3.4. Factores Climáticos

Es importante también considerar y estudiar el clima en la zona de investigación, ya que este puede afectar directamente a las características de los materiales que constituyen el pavimento, siendo los factores climáticos más influyentes la humedad y la temperatura.

2.2.3.4.1. Temperatura Media Mensual y Anual del Aire (TMM) y (TMA)

Estas variables son importantes conocerlas, la temperatura media mensual (TMM) la podemos obtener de las temperaturas máximas y mínimas mensuales que nos brinda el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI); y el valor de la temperatura media anual (TMA) se obtiene con el promedio de los valores de las temperaturas medias mensuales de los doce meses del año, en el cual se está realizando el estudio o investigación.

2.2.4. Método de Diseño AASHTO 93

2.2.4.1. Introducción

El método de diseño del American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), que en español significa Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transporte, su primer antecedente inició entre los años 1958 a 1960, en la ciudad de Ottawa, estado de Illinois, con el ensayo denominado AASHO Road Test (Experimento de Carreteras de la AASHO), el cual se realizó en los pavimentos con diferentes características y sometiéndolo a diversas cargas, para determinar cómo el tráfico influye en el deterioro del pavimento, introduciéndose así el concepto del factor de equivalencia de carga; siendo todo esto la primera fuente de información de datos experimentales con respecto al daño que los vehículos producen al pavimento, con el fin de diseñar y evaluar la rentabilidad de una vía.

En 1962, con la información obtenida antes mencionada se realizó el procedimiento de diseño basado en estos modelos empíricos, por lo que aparece la AASHO Interim Guide for Design of Rigid and Flexible Pavement. (Lozano Paredes, 2015, p. 39).

En 1972, el comité de diseño de la AASHTO con los resultados obtenidos del AASHTO Road Test, creó la AASHTO Interim Guide for Design of Pavement Structures, basándose también en los procedimientos de diseño existentes. Luego, aparece la AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, en la versión del 1986, en la que se introdujo nuevas consideraciones haciéndose modificaciones con respecto a la de 1972, las cuales fueron el factor de confiabilidad, de drenaje, los módulos resilientes de la subrasante y las capas del pavimento (base y sub base), factores ambientales (temperatura y humedad),

aspectos económicos y los procedimientos de diseño para construcción por etapas. (Montejo Fonseca, 2002, p. 263).

Finalmente, se realizó la versión del 1993, la cual fue la Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimento, que fue hecha de la revisión de la 1986, sin cambios en lo que respecta al diseño de pavimentos flexible, y donde el método está relacionado a diferentes ecuaciones y ábacos realizados de los experimentos, siendo este método el mayormente utilizado en la actualidad.

El propósito de este método de diseño es calcular el Número Estructural requerido (SNr), el cual nos va permitir hallar los espesores de cada capa de la estructura del pavimento, la que será construida sobre la sub rasante y debe ser capaz de soportar las cargas del tráfico con buena serviciabilidad durante el periodo de diseño.

2.2.4.2. Variables de Entrada

2.2.4.2.1. Periodo de Diseño y Análisis

El periodo de diseño se define como el tiempo de duración antes de su deterioro de una estructura nueva de un pavimento hasta que sea necesaria una rehabilitación, o también al lapso de tiempo entre dos rehabilitaciones continuas.

El periodo de análisis se refiere al lapso de tiempo que cualquier estrategia de diseño debe cubrir, abarca el tiempo total incluyendo reconstrucciones y rehabilitaciones previstas en el diseño para lo largo de la vida útil del pavimento. En ocasiones estos valores de periodo se consideran igual, en el caso de la presente investigación se introducirá como variable del periodo de diseño tomando el periodo de análisis, según las condiciones de nuestro pavimento.

Tabla 14.
Periodos de análisis

Condiciones de la carretera	Periodo de análisis (años)
Urbano con alto volumen de tránsito	30-50
Rural con alto volumen de tránsito	20-50
Pavimentada con bajo volumen de tránsito	15-25
Afirmada con bajo volumen de tránsito	10-20

Nota: Tomado de la Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO, 1993, p. II-7.

2.2.4.2.2. ESAL de diseño

En el método AASHTO los pavimentos se diseñan considerando que resistan las cargas de los vehículos a lo largo de su vida útil; estos vehículos tienen diferentes pesos y números de eje, calculando esto, se va transformar en un número de ejes equivalentes a 18000 lb, 80 Kn, 18 kips o 8.2 Tn en el carril de diseño (W18), el cual aplicando los factores equivalentes de carga, nos va dar el ESAL de diseño, donde sus siglas en inglés significan “Equivalent Single Axle Load” y en español “Carga de Eje Equivalente Simple”.

Las variables a considerar para el cálculo del ESAL es el IMDA, obtenido del conteo vehicular, el factor de distribución, el factor carril, el factor vehículo pesado obtenido con la ayuda de la Tabla 3 y el factor de crecimiento acumulado (Tabla 2). El procedimiento para hallar cada variable mencionada está especificado en el numeral “2.2.3.2. Estudio de Tráfico”, del presente informe de tesis.

2.2.4.2.3. Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)

La serviciabilidad de un pavimento se refiere a la capacidad que tiene de servir al tipo de tránsito que lo va utilizar y brindarle comodidad de circulación al usuario. Esta variable se determina con el PSI, mediante el cual el pavimento es calificado de 0 (carretera imposible) a 5 (carretera perfecta), tal como indica la Tabla 15.

Montejo (2002) menciona que la filosofía básica del diseño es el concepto del comportamiento y capacidad de servicio, el cual proporciona un medio para diseñar un pavimento con base en un volumen específico de tránsito total, y con un nivel mínimo de serviciabilidad deseado, al final del periodo de diseño. (p.265).

Tabla 15.

Niveles de serviciabilidad

Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)	Calificación
0-1	Muy mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy buena

Nota: Recuperado de la Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO, 1993, p. II-10.

- Índice de Serviciabilidad Inicial (Po)

Es el valor que tendrá el pavimento recientemente construido, los valores establecidos por la AASHTO en base a sus experimentos viales, para los pavimentos flexibles es de 4.2 y para los pavimentos rígidos es 4.5.

- **Índice de Serviciabilidad Final (Pt)**

Es el valor más bajo que puede ser tolerado por los usuarios de la vía antes de que sea necesario rehabilitar, reconstruir o repavimentarla, este valor varía según la importancia o clasificación de la vía. AASHTO sugiere un índice de 2.5 o más para el diseño de carreteras principales y 2.0 para carreteras con volúmenes menores de tránsito.

- **Pérdida del índice de Serviciabilidad (Δ PSI)**

Es la diferencia entre la serviciabilidad inicial y final asumida para el proyecto en desarrollo. Siendo:

Ecuación 4. Pérdida de la serviciabilidad

$$\Delta\text{PSI} = P_o - P_t \dots\dots\dots (4)$$

2.2.4.2.4. Confiabilidad (R)

Es la probabilidad que una determinada estructura de pavimento actúe de acuerdo a lo previsto en el diseño durante su periodo de vida útil. Hace referencia al grado de certidumbre o seguridad de una alternativa de diseño, determinando así la probabilidad de que el pavimento pueda soportar el número de repeticiones de la carga que sea aplicada durante su vida útil. Al momento del diseño se debe considerar que, a mayor valor de confiabilidad, serán mayores las dimensiones de los espesores de cada capa del pavimento. La confiabilidad no es un parámetro de ingreso directo en la Ecuación de Diseño, pero con este valor se determina la Desviación Estándar Normal (Z_r) que si se utiliza en la ecuación. En la Tabla 16 se muestran los niveles de confiabilidad recomendados por la guía AASHTO 93.

Tabla 16.
Niveles de confiabilidad por tipo de vía

Clasificación funcional de la vía	Nivel recomendado de confiabilidad (%)	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Nota: Adaptado de la Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO, 1993, p. II-9.

2.2.4.2.5. Desviación Estándar Normal (Z_R)

El valor de la desviación estándar normal está directamente relacionado al nivel de confiabilidad seleccionado, lo cual se muestra en la Tabla 17.

Tabla 17.
Valores de desviación estándar normal a partir de la confiabilidad

Confiabilidad (R%)	Valor de Z_R
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Nota: Tabla 4.1 de la Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO, 1993, p. I-62.

2.2.4.2.6. Desviación Estándar Total (So)

Es un valor que representa la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de otros factores que influyen en el comportamiento del pavimento. La guía AASHTO recomienda para pavimentos flexibles valores comprendidos entre 0.40-0.50 y para pavimentos rígidos entre 0.30-0.40, pero estos valores pueden ser ajustados en función de la experiencia para uso local.

2.2.4.3. Propiedades de los materiales

2.2.4.3.1. Módulo Resiliente de la subrasante (Mr)

El módulo de resiliente es una medida de la propiedad elástica de suelos, con ciertas características no lineales, y se usa directamente en el diseño de pavimentos flexibles, donde el que predomina en nuestro entorno es la metodología de diseño AASHTO 1993 y el Módulo Resiliente (Mr) es el parámetro de importancia requerido por este método, conformando el par pavimento-subrasante.

El ensayo de módulo de resiliencia se debe ejecutar siguiendo la norma MTC E 128 (AASHTO T274), mediante el ensayo triaxial de confinamiento constante, y aplicando el esfuerzo desviador cíclicamente.

En la presente investigación, se obtendrá el módulo resiliente través de una ecuación que correlaciona el Mr-CBR, la cual se ha tomado del Appendix CC-1 “Correlation of CBR values with soil index properties” de NCHRP Project 1 - 37A, 2001, documento que forma parte del MEPDG (Mechanistic Empirical Pavement Design Guide) – AASTO interim 2008. (MTC, 2014, p. 38).

Ecuación 5. Cálculo del Mr

$$\mathbf{Mr \text{ (psi)} = 2555 \times (CBR)^{0.64} \dots\dots\dots (5)}$$

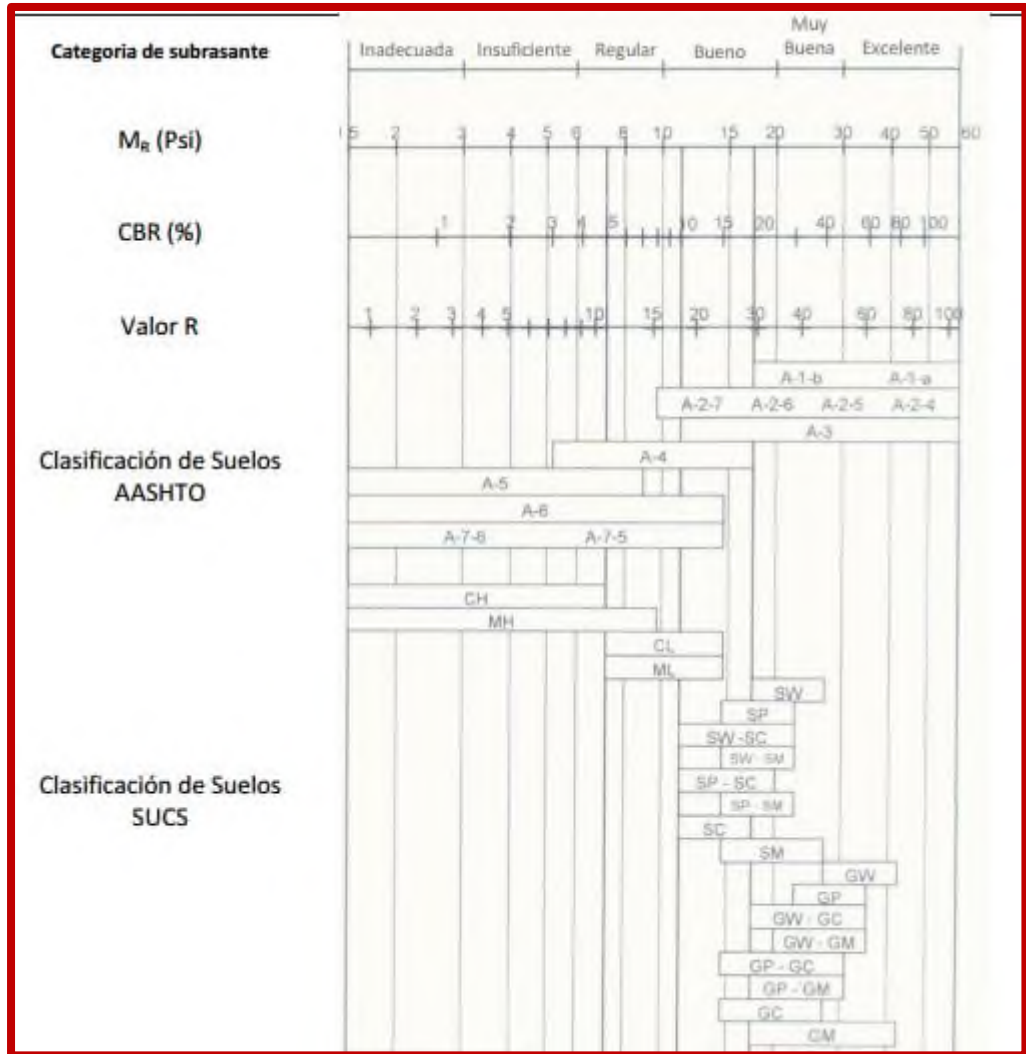


Figura 9.
Correlaciones típicas entre las clasificaciones y propiedades de los suelos con el módulo de resiliente

Nota: Tomado del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, MTC, 2014, p. 38.

2.2.4.3.2. Coeficientes Estructurales de los Materiales

Los coeficientes estructurales (a_i) serán obtenidos con los diversos ábacos que nos brinda la guía AASHTO 93, para esto se hace uso del CBR, el cual se obtiene del estudio de mecánica de suelos, tanto para la base y la subbase, las cuales deben cumplir con los requisitos mínimos que exige el MTC.

2.2.4.3.2.1. Concreto Asfáltico (a_1)

El coeficiente estructural de la capa de concreto asfáltico o la carpeta asfáltica se determina con el modulo elástico del concreto asfáltico (E_{ca}), el cual resulta de ensayos normados de laboratorio para mezclas asfálticas, teniendo especial cuidado con mezclas de concreto asfáltico superior a 450,000 psi, ya que al aumentar la rigidez se vuelve más susceptible a las fallas por agrietamiento. La Figura 10 se utiliza para obtener el a_1 de la carpeta asfáltica a partir del módulo elástico establecido para esta.

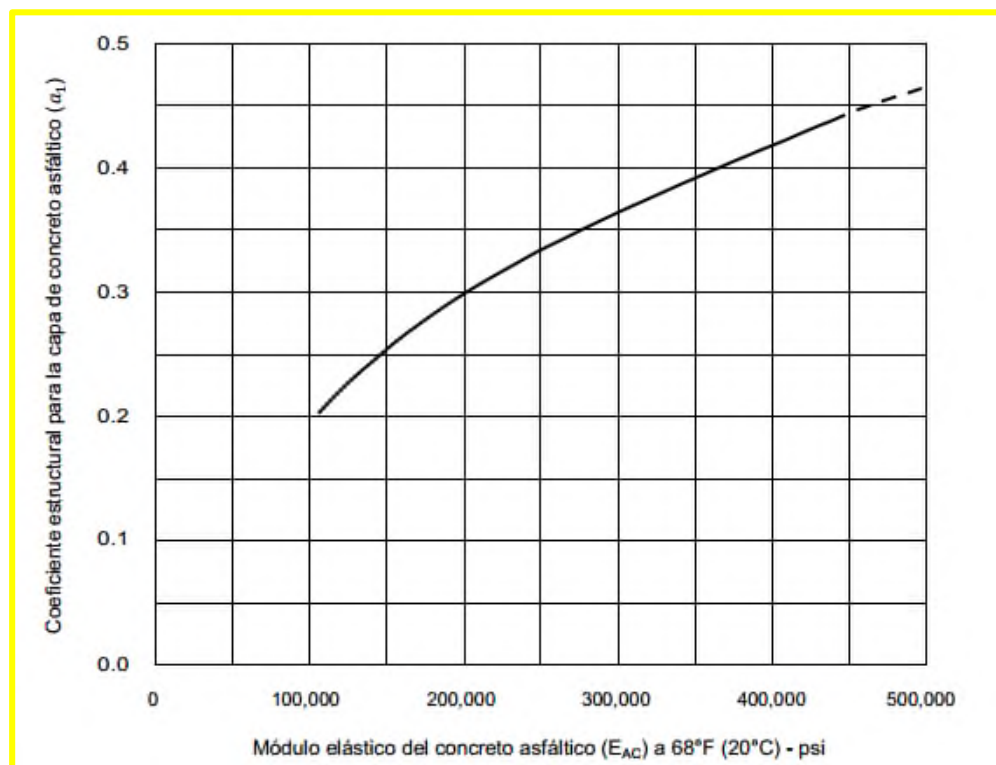


Figura 10.

Gráfico para determinar el coeficiente estructural para la capa de concreto asfáltico a_1 en función del módulo elástico.

Nota: Figura 2.5 de la Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO, 1993, p. II-18.

2.2.4.3.2.2. Bases granulares no tratadas (a_2)

Para determinar el coeficiente estructural de la capa de base granular (a_2), se empleará la Figura 11, cuando se obtenga el valor de CBR, valor-R o Triaxial de Texas.

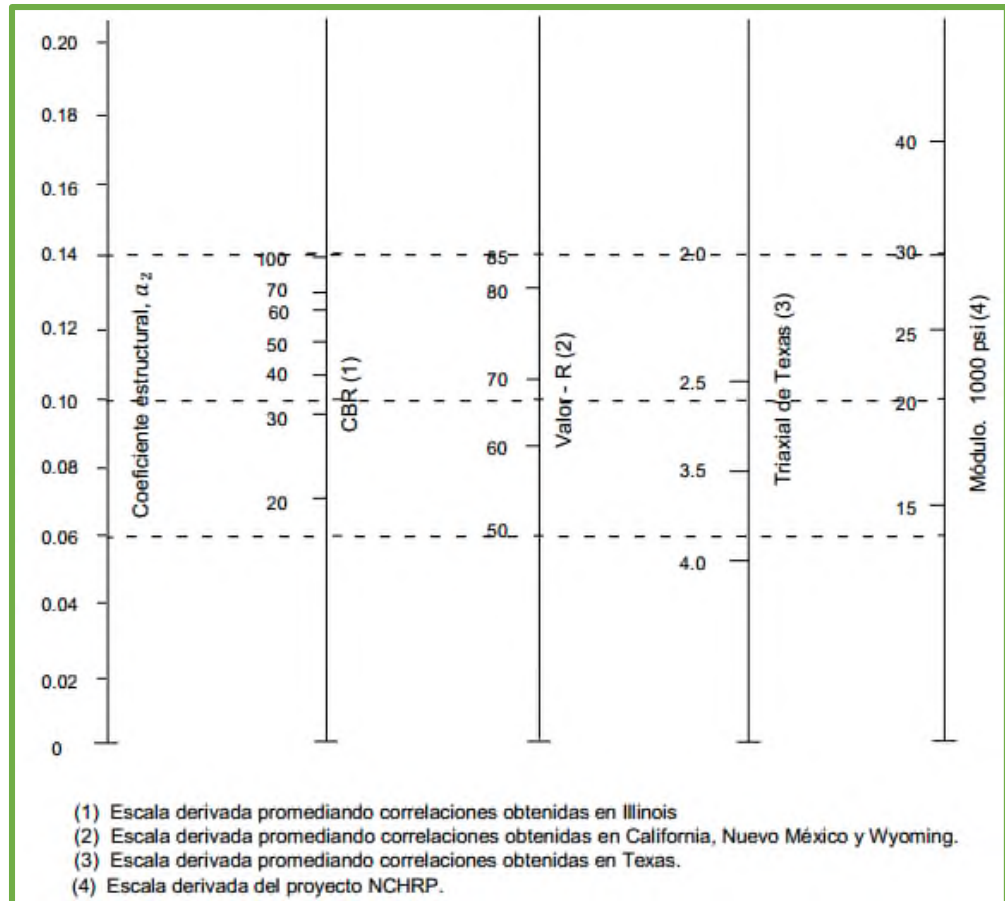


Figura 11.

Gráfico para obtener el coeficiente estructural de la capa base a_2 .

Nota: Figura 2.6 de la Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO, 1993, p. II-19.

2.2.4.3.2.3. Subbases granulares no tratadas (a_3)

La figura 12 se emplea para determinar el coeficiente estructural de la capa de subbase granular (a_3), cuando se obtenga el valor de CBR, valor-R o Triaxial de Texas.

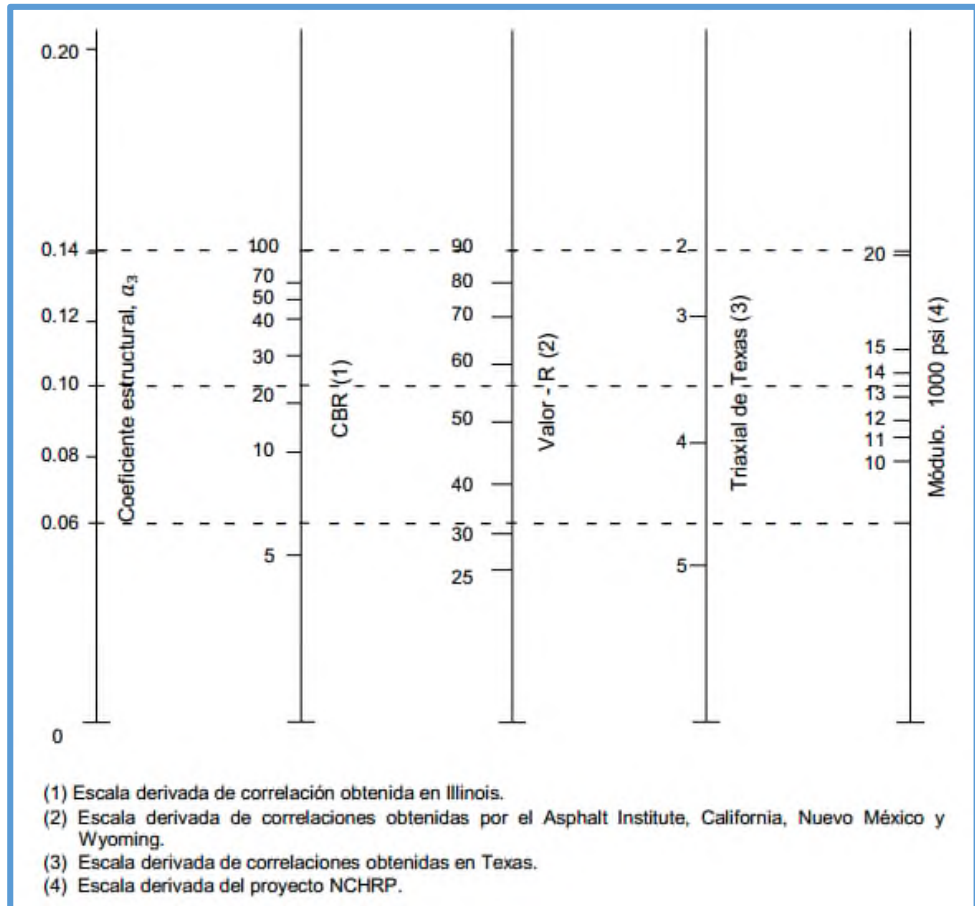


Figura 12.

Gráfico para obtener el coeficiente estructural de la capa subbase α_3 .

Nota: Figura 2.7 de la Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO, 1993, p. II-21.

2.2.4.3.2. Coeficiente de drenaje (m_i)

El valor de este coeficiente depende de dos parámetros, primero la capacidad del drenaje, la cual depende del tiempo que tarda el agua en ser evacuada, y segundo, del porcentaje de tiempo durante el cual el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación, durante el año. La guía AASHTO divide en cinco los rangos de calidad de drenaje, los cuales se pueden observar en la Tabla 18. (Lozano Paredes, 2015).

Tabla 18.
Capacidad del drenaje

Calidad del drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	(el agua no drena)

Nota: Tomado de la Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO, 1993, p. II-22.

En la Tabla 19, se presenta los valores que la guía AASHTO recomienda para m_i en función de la calidad del drenaje y el porcentaje de tiempo durante el año en que la estructura del pavimento normalmente estaría expuesta a niveles de humedad cercanos a la saturación.

Tabla 19.
Valores para m_i recomendados para modificar los coeficientes de capas estructurales de materiales de base y subbase no tratadas en pavimentos flexibles.

Calidad del drenaje	Porcentaje de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos del 1%	1% a 5%	5% a 25%	Más del 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Malo	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy malo	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Nota: Tabla 2.4 de la Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO, 1993, p. II-25.

2.2.4.4. Determinación de espesores

2.2.4.4.1. Determinación del Número Estructural (SN)

El número estructural es un valor fundamental para la determinación de los espesores finales de las diferentes capas que conforman la estructura del pavimento. La guía de diseño AASHTO 1993 para obtener el SN nos da un nomograma el que podemos ver en la Figura 13, el cual resulta de la siguiente ecuación:

Ecuación 6. Ecuación AASHTO 93

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R * S_O + 9.36 * \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 * \log_{10} M_r - 8.07 \dots (6)$$

Donde:

W_{18} : Número de cargas acumuladas equivalentes a un eje de 8.2 Tn.

Z_R : Desviación Estándar Normal.

S_O : Desviación Estándar total.

ΔPSI : Pérdida de serviciabilidad.

M_r : Módulo resiliente de la subrasante (en psi).

SN : Número estructural indicativo del espesor total requerido del pavimento.

Introducidos los valores mencionados en la ecuación de diseño, se procederá a resolverla para obtener el SN requerido. Este procedimiento se simplifica mediante un proceso iterativo, en vez de despejar el valor de SN; para esto se sustituyen todos los valores mencionados, y se van dando valores al SN, hasta que con un determinado valor de SN se logre obtener un valor igual que el del $\log_{10}(W_{18})$. También se puede resolver mediante algunos programas de diseño, como en la presente tesis se ha utilizado el software “Ecuación AASHTO 1993”, o con hojas de cálculo en Excel, nomogramas u otros programas existentes.

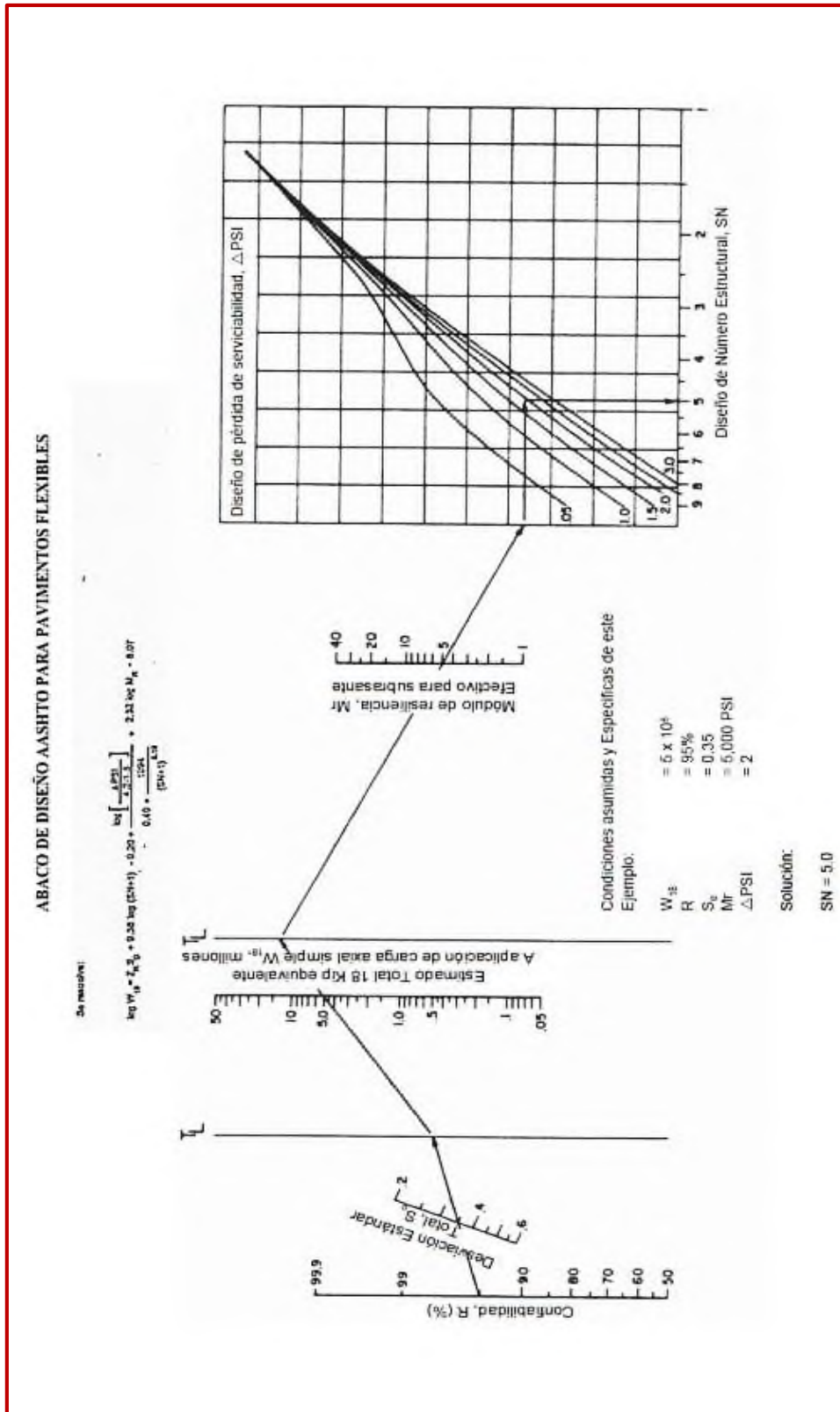


Figura 13.

Abaco de diseño para pavimentos flexibles para hallar el SN

Nota: Figura 3.1 de la Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO, 1993, p. II-32.

Una vez que se determina el número estructural de diseño SN para una estructura de pavimento inicial, es necesario identificar un conjunto de espesores de capa de pavimento, que combinados proporcionarán la capacidad de carga correspondiente al SN de diseño. La siguiente ecuación proporciona el fundamento para convertir SN en espesores reales de capas asfálticas, base y subbase:

Ecuación 7. Cálculo del número estructural requerido

$$SN = a_1 \times D_1 + a_2 \times m_2 \times D_2 + a_3 \times m_3 \times D_3 \dots\dots\dots (7)$$

Donde:

a_1, a_2, a_3 : Coeficientes estructurales o de capa.

m_2, m_3 : Coeficientes de drenaje de la base y subbase.

D_1, D_2, D_3 : Espesores de capa, carpeta asfáltica, base y subbase, respectivamente (en pulgadas).

2.2.4.4.2. Espesores mínimos en función del número estructural

Este método se conoce también como “diseño con verificación por capas”, puesto que para cada una de las capas se verifica que existe el suficiente espesor por encima de la misma para prevenir ahuellamiento y daños estructurales. Para llevar a cabo este método se sigue un procedimiento el cual podemos observar de forma resumida en la Figura 14. (Lozano Paredes, 2015).

Algunos puntos para dejar en claro el procedimiento son:

- Los SN_1, SN_2, SN_3 , resultan de la ecuación AASHTO ingresando los mismos valores de entrada y solo se sustituye los valores del módulo resiliente de la base, subbase y subrasante, respectivamente.
- Los espesores “D” que resulten se deben redondear a la ½ pulgada siguiente.

- Se verifica que los espesores sean mayor o igual a los mínimos correspondientes a la capa y el tránsito, mostrados en la Tabla 20, de lo contrario asigne el espesor mínimo.
- Los asteriscos (*) representan a valores corregidos.
- La sumatoria de $SN_1^* + SN_2^* + SN_3^*$ debe ser mayor o igual que el SN requerido.

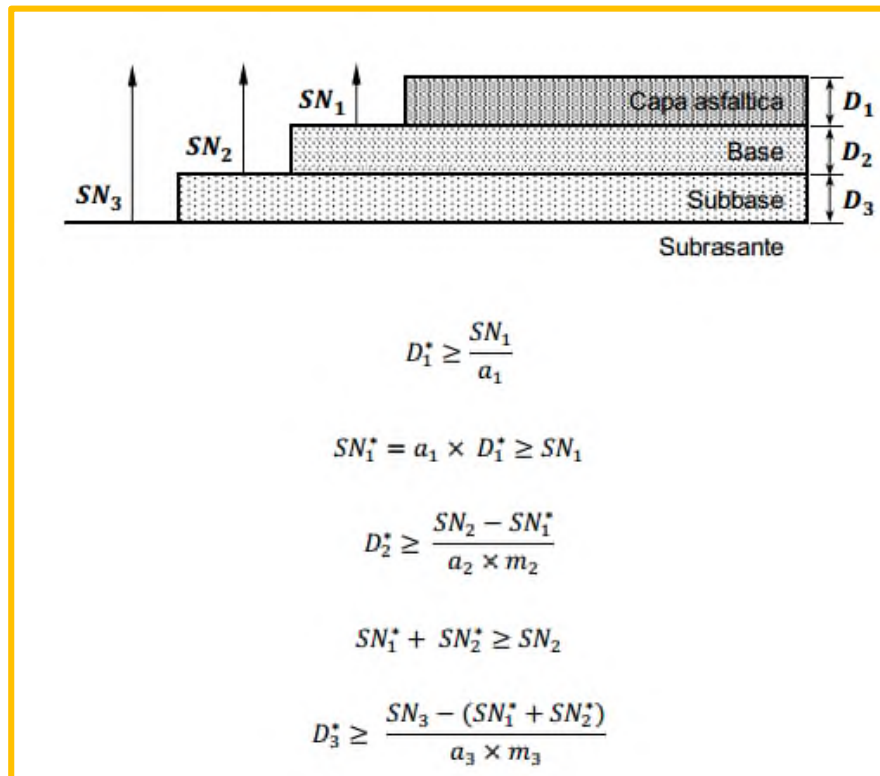


Figura 14.
Procedimiento para determinar espesores mínimos de capa.

Nota: Adaptado de la Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO, 1993, p. II-36.

2.2.4.4.3. Espesores mínimos en función del tránsito

La AASHTO 1993 nos recomienda el uso de espesores mínimos que se tiene que cumplir para lograr que las mezclas tengan resultados satisfactorios en base a su cohesión, estabilidad y durabilidad. En la Tabla 20, se presentan estos espesores mínimos para las capas de concreto asfáltico y base granular en relación al tránsito obtenido en el ESAL de diseño.

Tabla 20.
Espesores mínimos en función del tránsito

Tránsito (ESAL)	Concreto Asfáltico (pulg)	Base Granular (pulg)
Menos de 50,000	1.0 (*)	4.0
50,000 – 150,000	2.0	4.0
150,001 – 500,000	2.5	4.0
500,001 – 2'000,000	3.0	6.0
2'000,001 – 7'000,000	3.5	6.0
Más de 7'000,000	4.0	6.0

Nota: Tomado de la Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimento, AASHTO, 1993, p. II-35.

2.2.5. Método de Diseño Instituto del Asfalto

2.2.5.1. Introducción

El Instituto del Asfalto desde el año 1954 hasta el 1969, publicó ocho ediciones del Manual Series N°1 (MS-1) para el diseño de espesores de capa de pavimentos asfálticos. Los procedimientos recomendados en esos manuales son empíricos. Las ediciones séptima y octava de MS-1 se basaron en datos de las pruebas de carretera AASHO, WASHO y de una serie de prueba británicas, también en comparaciones con los procedimientos de diseño del Cuerpo de Ingenieros del ejército de los EE.UU. y de algunas agencias estatales. Luego, en 1981, se publicó la novena edición de MS-1, que, a diferencia de las otras ediciones, se basó en la metodología mecanicista-empírica, utilizando la teoría mecanicista multicapa en conjunción con criterios empíricos de falla para determinar espesores de pavimentos basado en resultados de un programa llamado DAMA, una serie de gráficos de diseño con regímenes de tres temperaturas diferentes; sin embargo, en la MS-1 solo se incluyeron los gráficos de un régimen, el cual representa la mayor parte de los Estados Unidos.

En el año 1991, se llevó a cabo una revisión de la novena edición de MS-1, en la que se incluyeron gráficos para los tres regímenes de temperatura. (Huang, 2004).

El Instituto del Asfalto de los Estados Unidos, es la asociación internacional de productores de asfalto de petróleo, fabricantes y afiliadas. El método del Instituto del Asfalto de los Estados Unidos de Norteamérica, editado en 1991 y publicado en 1993, presenta cambios significativos con respecto a los métodos anteriores en lo que respecta el diseño de la sección estructural de los pavimentos flexibles. Este método se centra primordialmente en la aplicación de la teoría elástica en multicapas, la cual utiliza resultados de investigaciones por parte de ese organismo.

En el Manual para Diseño de Espesores de Pavimentos Asfálticos para Calles y Carreteras del Instituto del Asfalto, se presentan los procedimientos para determinar los espesores de capa de la estructura del pavimento con superficies de concreto asfáltico, de asfalto emulsificado (con tratamiento superficial), bases de concreto asfáltico, bases con asfalto emulsificado y bases o subbase de agregados no tratados. (Lozano Paredes, 2015).

En la presente tesis se procederá a realizar el diseño de espesores para pavimentos con concreto asfáltico sobre base de agregados no tratados.

2.2.5.2. Variables de Diseño

Entre las variables de diseño tenemos al tráfico, a las características de la subrasante y un factor importante en este método que es el clima, este factor ambiental se ve reflejado en las cartas de diseño las cuales son realizadas para diferentes temperaturas.

2.2.5.2.1. Periodo de Diseño y Análisis

El periodo de diseño se refiere al tiempo en años en el cual un pavimento diseñado para soportar los efectos acumulados del tránsito, al término de este, es posible que el pavimento necesite o requiera de trabajos de rehabilitación, los cuales pueden ser a través de un refuerzo asfáltico, para devolverlo a su condición inicial y a su adecuado nivel de servicio.

La vida útil de un pavimento o periodo de análisis es el tiempo que transcurre entre la construcción del mismo y el momento en que este alcanza las mínimas condiciones de transitabilidad, este periodo se puede extender de manera indefinida mediante la colocación de sobrecarpetas y otras acciones de rehabilitación, hasta que ya la carretera sea obsoleta debido a cambios muy significativos como pendientes, alineamiento geométrico u otros factores. (Lozano Paredes, 2015).

2.2.5.2.2. Análisis de Tráfico

En el análisis de tráfico se consideran de mayor importancia el número y cargas por eje espectadas en un periodo de tiempo determinado.

Las investigaciones han demostrado que es posible representar el efecto de cualquier eje cargado con cualquier masa, sobre el comportamiento de un pavimento, por medio del EAL (Equivalent Axle Load), que es el número de aplicaciones de carga por eje simple, equivalentes a 18,000 lb (80 kN). Por lo tanto, se va requerir conocer el número de vehículos, o el número y la masa de las cargas por eje, esperados en la vialidad. (Instituto del Asfalto, 1991).

2.2.5.2.2.1. Clasificación y número de vehículos

El procedimiento de análisis del tráfico usado en el manual requiere un estimado del número de los diferentes tipos de vehículos, tales como automóviles, buses, camiones simples o camiones acoplados de diversos tipos, que se prevean en la vía propuesta. Se recomienda el uso de la información de tráfico local, sin embargo, éste está sujeto a variaciones, por lo que debe tomarse ciertas precauciones en la recolección y análisis de datos.

Para efectos de la presente tesis este valor se va tomar al igual que con el método AASHTO, del conteo vehicular realizado en un punto estratégico de la zona, que

vendría a ser el más transitado, y con esos valores sacar en índice medio diario anual para luego realizar los cálculos respectivos.

2.2.5.2.2.2. Carril de Diseño

Para las calles y carreteras de 2 carriles, el Carril de Diseño puede ser cualquiera de los carriles de la vía, mientras que para las de carriles múltiples, mayormente es el carril externo. Cabe la probabilidad considerando ciertas condiciones, que haya un tráfico mayor de camiones en un sentido que en el otro. En muchas localidades, los camiones circulan cargados en un sentido y vacíos en otro. Por la falta de información precisa se usa la Tabla 21, proporcionada en la guía del Instituto del Asfalto, la cual ayudará a determinar la proporción de camiones en el Carril de Diseño.

Tabla 21.
Porcentaje del tráfico total de camiones en el carril de diseño

Número de carriles (dos direcciones)	Porcentaje de camiones en el carril de diseño
2	50
4	45 (35-48)*
6 o más	40 (25-48)*

*Rango probable

Nota: Adaptado de la Tabla IV-2 del Manual para Diseño de Espesores (MS-1) de Pavimentos Asfálticos para Calles y Carreteras, Instituto del Asfalto, 1991, p. 14.

2.2.5.2.2.3. Crecimiento del tráfico

Un pavimento debe diseñarse para servir adecuadamente la demanda de tráfico durante un periodo de años. El crecimiento del tráfico debe anticiparse para determinar los requerimientos estructurales de la vía. La tasa de crecimiento del tráfico se llevará a cabo de acuerdo al numeral “2.2.3.2.3. Tasas de crecimiento y proyección”, usando los mismos valores de la Tabla 2.

2.2.5.2.2.4. Factor de equivalencia de carga

Representa el número de aplicaciones equivalentes a una carga por eje simple de 18,000 lb (80 kN) en una pasada de un eje dado. Los factores de equivalencia de carga se obtienen de la Tabla 22, según la carga por eje y el tipo de eje.

Tabla 22.
Factores de equivalencia de carga

Carga por eje		Factores de equivalencia de carga			Carga por eje		Factores de equivalencia de carga		
kN	lb	Ejes simples	Ejes tándem	Ejes trídem	kN	lb	Ejes simples	Ejes tándem	Ejes trídem
4.45	1,000	0.00002			182.5	41,000	23.27	2.29	0.540
8.9	2,000	0.00018			187.0	42,000	25.64	2.51	0.597
13.35	3,000	0.00072			191.3	43,000	28.22	2.76	0.658
17.8	4,000	0.00209			195.7	44,000	31.00	3.00	0.723
22.25	5,000	0.00500			200.0	45,000	34.00	3.27	0.793
26.7	6,000	0.01043			204.5	46,000	37.24	3.55	0.868
31.156	7,000	0.0196			209.0	47,000	40.74	3.85	0.948
35.6	8,000	0.0343			213.5	48,000	44.50	4.17	1.033
40.0	9,000	0.0562			218.0	49,000	48.54	4.51	1.12
44.5	10,000	0.0877	0.00688	0.002	222.4	50,000	52.88	4.86	1.22
48.9	11,000	0.1311	0.01008	0.002	226.8	51,000		5.23	1.32
53.4	12,000	0.189	0.0144	0.003	231.3	52,000		5.63	1.43
57.8	13,000	0.264	0.0199	0.005	235.7	53,000		6.04	1.54
62.3	14,000	0.360	0.0270	0.006	240.2	54,000		6.47	1.66
66.7	15,000	0.478	0.0360	0.008	244.6	55,000		6.93	1.78
71.2	16,000	0.623	0.0472	0.011	249.0	56,000		7.41	1.91
75.6	17,000	0.796	0.0608	0.014	253.5	57,000		7.92	2.05
80.0	18,000	1.000	0.0773	0.017	258.0	58,000		8.45	2.20
84.5	19,000	1.24	0.0971	0.022	262.5	59,000		9.01	2.35
89.0	20,000	1.51	0.1206	0.027	267.0	60,000		9.59	2.51
93.4	21,000	1.83	0.148	0.033	271.3	61,000		10.20	2.67
97.8	22,000	2.18	0.180	0.040	275.8	62,000		10.84	2.85
102.3	23,000	2.58	0.217	0.048	280.2	63,000		11.52	3.03
106.8	24,000	3.03	0.260	0.057	284.5	64,000		12.22	3.22
111.2	25,000	3.53	0.308	0.067	289.0	65,000		12.96	3.41
115.6	26,000	4.09	0.364	0.080	293.5	66,000		13.73	3.62
120.0	27,000	4.71	0.426	0.093	298.0	67,000		14.54	3.83
124.5	28,000	5.39	0.495	0.109	302.5	68,000		15.38	4.05
129.0	29,000	6.14	0.572	0.126	307.0	69,000		16.26	4.28
133.5	30,000	6.97	0.658	0.145	311.5	70,000		17.19	4.52
138.0	31,000	7.88	0.753	0.167	316.0	71,000		18.15	4.77
142.3	32,000	8.88	0.857	0.191	320.0	72,000		19.16	5.03
146.8	33,000	9.98	0.971	0.217	325.0	73,000		20.22	5.29
151.2	34,000	11.18	1.095	0.246	329.0	74,000		21.32	5.57
155.7	35,000	12.50	1.23	0.278	333.5	75,000		22.47	5.86
160.0	36,000	13.93	1.38	0.313	338.0	76,000		23.66	6.15
164.5	37,000	15.50	1.53	0.352	342.5	77,000		24.91	6.46
169.0	38,000	17.20	1.70	0.393	347.0	78,000		26.22	6.78
173.5	39,000	19.06	1.89	0.438	351.5	79,000		27.58	7.11
178.0	40,000	21.08	2.08	0.487	356.0	80,000		28.99	7.45

Nota: Tomado del Manual para Diseño de Espesores (MS-1) de Pavimentos Asfálticos para Calles y Carreteras, Instituto del Asfalto, 1991, p. 24.

En la Figura 15, se puede ver un ejemplo de factores de equivalencia de carga para varios ejes de carga.

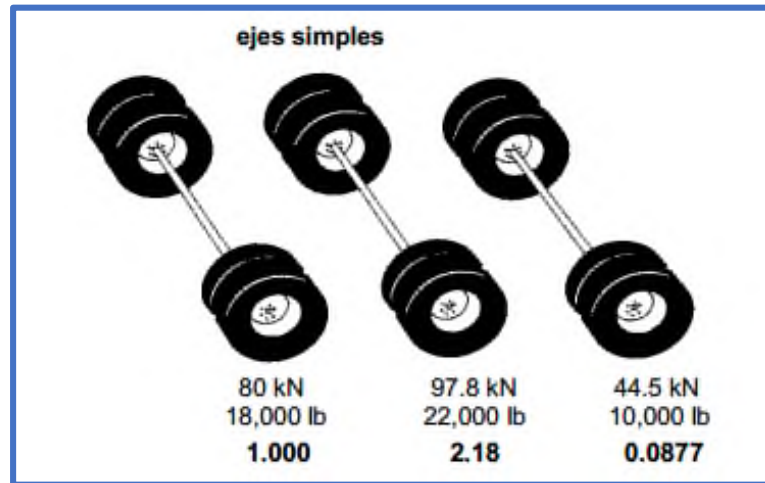


Figura 15.
Ejemplo de factores de equivalencia de carga
Nota: Los valores en negrita son los factores equivalentes de carga.

2.2.5.2.2.5. Factor Camión

Es el número de aplicaciones equivalentes a una carga por eje simple de 80 kN (18,000 lb) en una pasada de un vehículo dado. Se le conoce como la suma de los factores equivalentes de carga de cada tipo de vehículo.

El factor camión puede calcularse para vehículos individuales de cualquier tipo o para combinaciones de tipos de vehículo. Se recomienda que el factor camión se determine para cada tipo de vehículo (unidades de 2 ejes, de 3 ejes, de 5 ejes, etc.).

En la Figura 16, se muestra un ejemplo para calcular el factor camión de dos vehículos, aplicando los factores de equivalencia de carga.

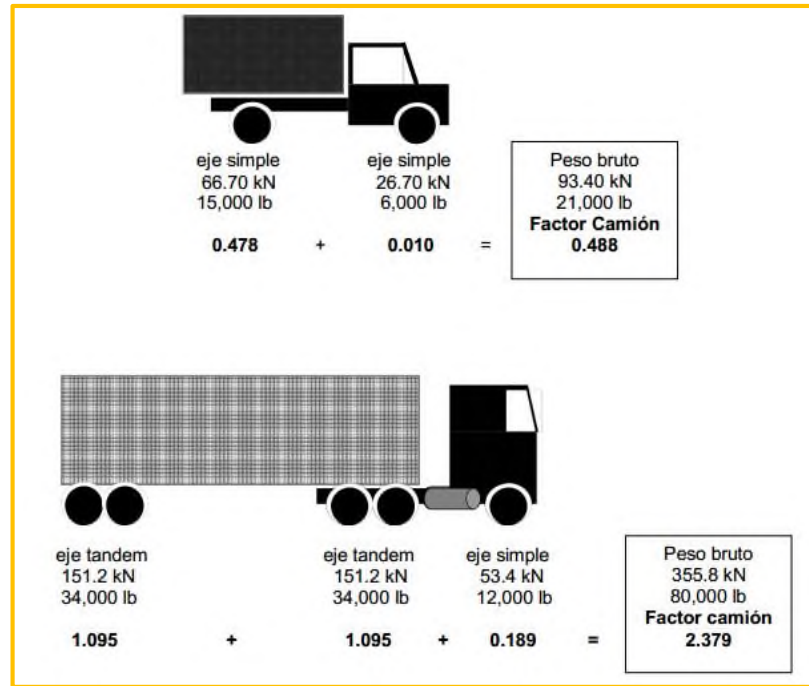


Figura 16.

Ejemplos para el cálculo de factor camión.

Nota: Los valores en negrita debajo de cada eje son los factores equivalentes de carga de la Tabla 22.

2.2.5.2.2.6. EAL de diseño

El EAL (Equivalent Axle Load) representa el número de aplicaciones equivalentes a una carga por eje simple de 18,000 lb (80 kN), a través del análisis de tráfico se determina el número de ejes equivalentes previsto en el periodo de diseño previsto, este valor es utilizado para determinar los espesores de cada capa que conforma el pavimento.

Para hallar el EAL de diseño primero se determina el número promedio de cada tipo de vehículo en el carril de diseño durante el primer año de servicio (IMDA), después se halla el factor camión para cada tipo de vehículo según lo explicado en el numeral anterior, luego seleccionar un factor de crecimiento según la Tabla 2; se multiplica estas tres variables para cada tipo de vehículo y la sumatoria de estos resultados nos dan el ESAL de diseño requerido.

2.2.5.2.2.7. Factor de ajuste de los ejes equivalentes

Este método incorpora factores de ajuste para diferentes presiones de contacto de las llantas sobre el pavimento, ya que, a mayor presión de inflado y menor espesor de capa de rodadura, incrementa en buena medida el número de ejes equivalentes y por lo tanto genera mayor daño a la estructura del pavimento.

Si las medidas actuales de la presión de inflado de los neumáticos indican valores significativamente por encima del valor de la condición estándar que es 70 psi, entonces los factores de ajuste de la Figura 17 deben emplearse para modificar el valor del EAL de diseño, debido a este incremento en el nivel de esfuerzos. Este factor de ajuste será multiplicado por el EAL de diseño inicial para cada vehículo. Normalmente la presión de contacto de los neumáticos es igual al 90% de la presión de inflado. (Lozano Paredes, 2015, p. 17).

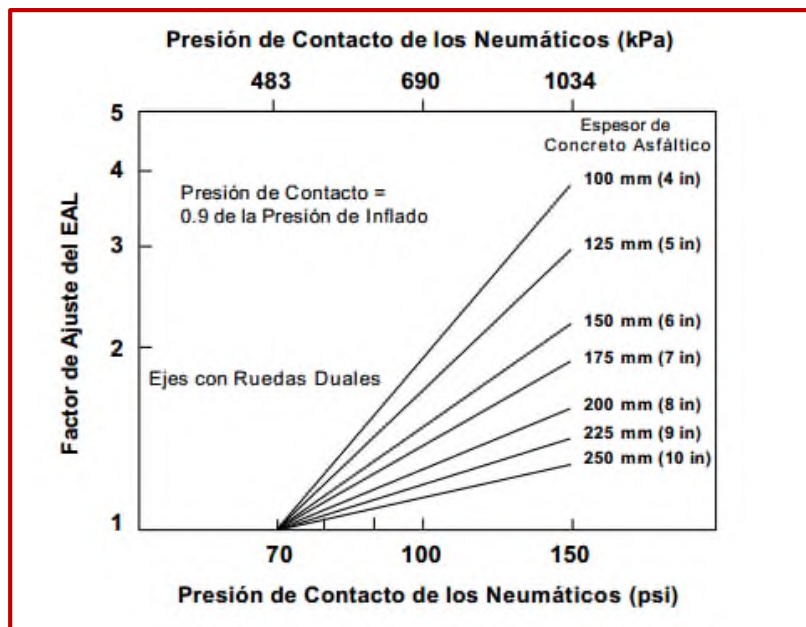


Figura 17.

Factor de ajuste del EAL por las presiones de los neumáticos

Nota: Adaptado de la Figura IV-4 del Manual para Diseño de Espesores (MS-1) de Pavimentos Asfálticos para Calles y Carreteras, Instituto del Asfalto, 1991, p. 24.

2.2.5.2.3. Evaluación de los Materiales

El método del Instituto del Asfalto para el diseño de espesores de una estructura de pavimento flexible, considera como parámetro fundamental la evaluación de los materiales, con el fin de obtener el Módulo Resiliente (Mr).

2.2.5.2.3.1. Subrasante

La propiedad que caracteriza a la subrasante es el Módulo de Resiliencia (Mr). Las cartas de diseño empleadas en este método requieren un valor de Módulo de Resiliencia de la subrasante, la cual se puede determinar a través de ensayos de laboratorio, pero como el equipo para hallar no es de uso común, el Instituto del Asfalto ha establecido correlaciones para hallar su módulo resiliente, a partir del valor del CBR, las cuales son:

$$Mr \text{ (Mpa)} = 10,342 \times \text{CBR}$$

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

Las correlaciones presentadas, se usan para materiales de la subrasante, no pudiéndose usar para materiales tipo granular que conforman las capas de base y subbase.

2.2.5.2.3.2. Valores Percentiles de la subrasante

El módulo de Resiliencia de Diseño de la Subrasante (Mr) se define como el valor del módulo de Resiliencia que es menor que el 60%, 75% o 87.5% del total de los valores analizados, estos porcentajes se conocen como Valores Percentiles, los cuales están relacionados con el tráfico.

Con los valores de CBR que se obtiene en el laboratorio, se calcula el módulo de resiliente (Mr) de la subrasante, pero con los percentiles de la Tabla 23, se va obtener el nuevo valor del Mr de diseño, esto con el fin de asegurar un diseño conservador en una vía con mayores volúmenes de tráfico.

Tabla 23.
Valores percentiles para el Mr de la subrasante

Nivel de Tráfico (EAL)	Percentil de diseño (%)
10 ⁴ o menos	60
Entre 10 ⁴ y 10 ⁶	75
10 ⁶ o más	87.5

Nota: Adaptado de la Tabla V-2 del Manual para Diseño de Espesores (MS-1) de Pavimentos Asfálticos para Calles y Carreteras, Instituto del Asfalto, 1991, p. 29.

2.2.5.2.3.3. Bases y subbases de agregados no tratados

Cuando el diseño incorpore bases y subbases de agregados no tratados, el Instituto del Asfalto recomienda emplear los requerimientos dados en la Tabla 24, en base a los ensayos realizados de los materiales de base y subbase en laboratorio.

Tabla 24.
Requerimientos de calidad para base y subbase de agregados no tratados

Ensayo	Requerimientos	
	Subbase	Base
CBR, mínimo	20	80
Valor R, mínimo	55	78
Límite líquido, máximo	25	25
Índice de plasticidad, máximo	6	NP
Equivalente de arena, mínimo	25	35
Pasante tamiz N°200, máximo	12	7

Nota: Adaptado de la Tabla V-3 del Manual para Diseño de Espesores (MS-1) de Pavimentos Asfálticos para Calles y Carreteras, Instituto del Asfalto, 1991, p. 36.

2.2.5.2.4. Condiciones ambientales de temperatura

El factor ambiental, en este caso específicamente la temperatura, es una variable importante que considera el método del Instituto del Asfalto, ya que para construir un pavimento se debe evaluar la temperatura de la zona.

En zonas donde existan suelos altamente susceptibles al fenómeno de heladas o a severas condiciones de temperatura bajas, se va necesitar remover y reemplazar

tales suelos o prevenirlo de algún modo antes de iniciar la construcción del pavimento. Para zonas con climas extremadamente cálidos, las mezclas asfálticas deben ser diseñadas con el fin de resistir el ahuellamiento y mantener una correcta rigidez a altas temperaturas. (Instituto del Asfalto, 1991).

Sabiendo que las mezclas asfálticas son susceptibles a la temperatura, se recomienda utilizar diferentes grados de asfalto según la condición de temperatura que tenga la zona, este criterio se puede observar en la Tabla 25.

Tabla 25.
Criterios de selección del grado de asfalto

Condiciones de temperatura	Grado de Asfalto	
Frío, temperatura promedio anual $\leq 7^{\circ}\text{C}$	AC-5	AC-10
	AR-2000	AR-4000
	Pen 120/150	Pen 85/150
Templado, temperatura promedio anual entre 7°C y 24°C	AC-10	AC-20
	AR-4000	AR-8000
	Pen 85/100	Pen 60/70
Cálido, temperatura promedio anual $\geq 24^{\circ}\text{C}$	AC-20	AC-40
	AR-8000	AR-16000
	Pen 60/70	Pen 40/50

Nota: Adaptado de la Tabla VI-1 del Manual para Diseño de Espesores (MS-1) de Pavimentos Asfálticos para Calles y Carreteras, Instituto del Asfalto, 1991, p. 40.

El método del Instituto del Asfalto usó la Temperatura Media Anual del Aire (TMAA) para caracterizar las condiciones ambientales aplicables a cada región, seleccionándose las características de los materiales para el diseño de pavimento, según lo que se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26.
Efectos de heladas en función al TMAA

Temperatura Media Anual del Aire	Efecto de la Helada
$< 7^{\circ}\text{C}$ (45°F)	Sí
15.5°C (60°F)	Posible
$> 24^{\circ}\text{C}$ (75°F)	No

Nota: Tomado del Manual para Diseño de Espesores (MS-1) de Pavimentos Asfálticos para Calles y Carreteras, Instituto del Asfalto, 1991, p. 12.

2.2.5.3. Determinación de espesores

El método del manual series MS-1 del Instituto del Asfalto proporciona para el diseño final de los espesores de un pavimento flexible, cartas de diseño en sistema métrico, decimal como también en sistema inglés, donde involucran las variables que fueron analizadas anteriormente.

2.2.5.3.1. Espesores mínimos

a. Para superficies de concreto asfáltico sobre bases estabilizadas con emulsión

asfáltica: Cuando se use una capa de concreto asfáltico sobre una base con asfalto emulsificado tipo II o III, se recomienda los espesores mínimos de la Tabla 27.

También se puede usar la Tipo I, solo que se requiere un tratamiento superficial.

Tabla 27.

Espesores mínimos de concreto asfáltico sobre bases con asfalto emulsificado

TRÁFICO DE DISEÑO (EAL)	TIPOS II Y III	
	MILÍMETROS	PULGADAS
10 ⁴	50	2
10 ⁵	50	2
10 ⁶	75	3
10 ⁷	100	4
> 10 ⁷	130	5

Nota: Adaptado de la Tabla VI-2 del Manual para Diseño de Espesores (MS-1) de Pavimentos Asfálticos para Calles y Carreteras, Instituto del Asfalto, 1991, p. 41.

b. Para superficies de concreto asfáltico sobre base de agregados no tratados:

Las cartas de diseño proporcionadas por el Manual MS-1 del Instituto del Asfalto, a usar para el diseño de pavimentos utilizando concreto asfáltico sobre bases de agregados no tratados son la A-5, A-6, A-11, A-12, A-17 y A-18 para el sistema de unidades internacionales y las cartas A-23, A-24, A-29, A-30, A-35 y A-36 para el sistema de unidades americanas. El manual incluye cartas de diseño para agregados no tratados de 150 mm, 300 mm, 6 pulg y 12 pulg. (Instituto del Asfalto, 1991).

Los espesores mínimos recomendados por el Instituto del Asfalto, para concreto asfálticos sobre bases de agregados no tratados se muestran en la Tabla 28, y estan relacionados con el tráfico.

Tabla 28.

Espesor mínimo de concreto asfáltico sobre base de agregados no tratados

Tráfico (EAL)	Condición de tráfico	Espesor mínimo de concreto asfáltico
10 ⁴ o menos	Zonas de parqueo y caminos rurales de bajo volumen	75 mm (3.0 pulg)
Entre 10 ⁴ y 10 ⁶	Tráfico mediano de vehículos pesados	100 mm (4.0 pulg)
10 ⁶ o más	Tráfico alto de vehículos pesados	125 mm (5.0 pulg) o más

Nota: Adaptado de la Tabla VI-3 del Manual para Diseño de Espesores (MS-1) de Pavimentos Asfálticos para Calles y Carreteras, Instituto del Asfalto, 1991, p. 44.

2.2.5.3.2. Procedimiento de diseño

El manual proporciona las cartas de diseño (A-1 a A-36), para determinar los espesores de la estructura del pavimento.

Los pasos para el procedimiento del diseño en la obtención de los espesores de la estructura del pavimento flexible son:

1. Seleccionar o determinar las variables de entrada
 - Valor del EAL de diseño
 - Módulo resiliente de diseño de la subrasante
 - Temperatura promedio anual del aire
 - Tipo de base
2. Determinar las combinaciones del espesor de diseño usando la información de inicial.

3. Seleccionar el diseño final a través de las cartas de diseño del Instituto del Asfalto.

❖ Las principales cartas de diseño y las que se usarán en la presente tesis se adjuntan en los Anexos.

2.3. Definición de Términos

a) Agregado: material granular de diferentes tamaños, estas pueden ser arena, grava, escoria o roca trituradas. (Rengifo & Vargas, 2017, p. 34).

b) Asfalto: es un material altamente impermeable, cohesivo y adherente, capaz de resistir altos esfuerzos instantáneos y fluir bajo la acción de cargas permanentes. (Fajardo & Vergaray, 2014, p. 1).

c) Base Granular: es una capa del pavimento que tiene como función principal ser una capa resistente y transmitir los esfuerzos a las capas inferiores (subbase y subrasante) con una intensidad adecuada. (Montejo Fonseca, 2002, p. 4).

d) Carpeta asfáltica: esta capa cumple tres funciones primordiales, servir como superficie de rodamiento uniforme y estable al tránsito, ser impermeable para impedir el paso del agua al interior del pavimento, y ser resistente a los efectos abrasivos del tránsito y a la tensión, complementando la capacidad estructural del pavimento. (Montejo Fonseca, 2002, p. 5).

e) Carril: parte de la calzada destinada a la circulación de una fila de vehículos en un mismo sentido de tránsito. (MTC, 2018, p. 7).

f) CBR (California Bearing Ratio): es el valor de soporte o resistencia del suelo, que está referido al 95% de la máxima densidad seca y a una penetración de carga de 2.54 mm. (MTC, 2014, p. 37).

- g) Flexibilidad:** es la capacidad de un pavimento asfáltico para acomodarse sin que se agriete, a movimiento y asentamientos graduales de la subrasante, debido a que estas virtualmente se asientan o se expanden. (Fajardo & Vergaray, 2014, p. 40).
- h) IMDA:** es el valor numérico estimado de tráfico vehicular en un determinado tramo de la vía durante el periodo de un año. (MTC, 2014, p. 61).
- i) Máxima densidad seca:** máximo valor de densidad seca definido por la curva de compactación para un esfuerzo especificado (estándar o modificado) (MTC, 2018, p. 16).
- j) Módulo resiliente:** esfuerzo repetido axial de desviación de magnitud, duración y frecuencias fijas, aplicado a un espécimen de prueba apropiadamente preparado y acondicionado. (MTC, 2018, p. 16).
- k) Pavimento:** está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que se diseñan y construyen técnicamente con materiales apropiados y adecuadamente compactados. (Montejo Fonseca, 2002, p. 1).
- l) Rasante:** nivel terminado de la superficie de rodadura. La línea de rasante se ubica en el eje de la vía. (MTC, 2018, p. 19).
- m) Subbase granular:** es una capa del pavimento que tiene como funciones servir como capa de transición, drenar el agua y debe resistir, distribuir y transmitir los esfuerzos a la subrasante. (Montejo Fonseca, 2002, p. 4).
- n) Suelos:** son conjuntos de partículas minerales, producto de la desintegración mecánica o de la descomposición química de rocas preexistentes. (Rico & Del Castillo, 2005, p. 18).
- ñ) Tránsito:** conjunto de desplazamientos de personas, vehículos y animales por las vías terrestres de uso público. (MTC, 2018, p. 22).

2.4. Marco Normativo

- ✓ Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Lima
 - Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E 107.
 - Contenido de humedad ASTM D-2216, MTC E 108.
 - Límite Líquido ASTM D-4318, MTC E 110.
 - Límite Plástico e Índice de plasticidad ASTM D-4318, MTC E 111.
 - Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC E 115.
 - California Bearing Ratio (CBR) de laboratorio ASTM D-1883, MTC E 132.

- ✓ Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) (2014). Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima.

- ✓ Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO) (1993). Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimento. Washington DC.

- ✓ Instituto del Asfalto (1991). Diseño de Espesores de Pavimentos Asfálticos para Calles y Carreteras - Manual Series N° 1 (MS-1). Estados Unidos.

- ✓ Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) (2003). Reglamento Nacional de Vehículos. Lima.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

CAPÍTULO III: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es aplicada porque los resultados se aplican de inmediato para resolver problemas en la sociedad; en el caso de la presente investigación, al obtener los resultados de los métodos Instituto del Asfalto y AASHTO 93, se tendrá el óptimo diseño de pavimento flexible, resolviendo así la carencia de pavimentación en esta zona.

3.2. Nivel de Investigación

El nivel de investigación es correlacional. Para Caballero Romero (2009) este nivel de investigación correlacional tiene por objeto medir el grado de relación significativa que existe entre dos o más variables y su tipo de análisis predominante es cuantitativo, pero con interpretaciones cualitativas sobre la mutua relación para saber cómo se puede comportar una variable al conocer el comportamiento de la otra variable. (p. 83-85).

Se conoce el comportamiento de nuestra variable dependiente, el diseño del pavimento flexible, a partir de la información de nuestras variables independientes, los métodos de diseño Instituto del Asfalto y AASHTO 93.

3.3. Diseño de Investigación

El diseño de investigación será de tipo cuasi experimental, ya que se manipularán las variables independientes para analizar las consecuencias que estas tendrán sobre la variable dependiente. Se llevará a cabo la aplicación de ambos métodos con sus respectivas guías de diseño, fórmulas, para luego realizar el procesamiento de datos, y por último presentar los respectivos resultados y las conclusiones.

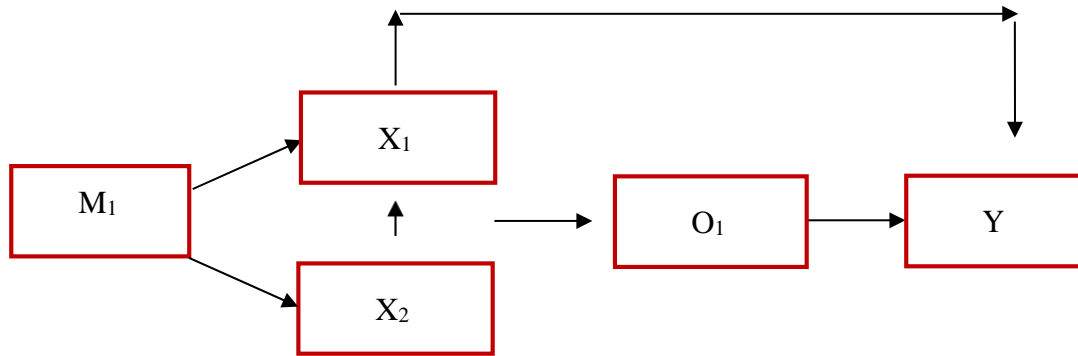


Figura 18.

Representación gráfica del diseño cuasi experimental

Nota: Elaboración Propia.

Donde:

M1: Muestra que se empleará para la investigación

M1: Vías sin pavimentar del A.H. Brisas del Mar.

X: Variables Independientes

X1: Método del Instituto del Asfalto.

X2: Método AASHTO 93.

O1: Resultados obtenidos.

Y: Variable dependiente

Y: Diseño del pavimento flexible.

3.4. Unidad de Análisis

Pavimento del A.H. Brisas del Mar, Nuevo Chimbote.

3.5. Ubicación

La investigación se realizó en la siguiente ubicación:

Localidad	:	A.H. Brisas del Mar
Distrito	:	Nuevo Chimbote
Provincia	:	Santa
Departamento	:	Ancash

3.6. Población y Muestra

3.6.1. Población

Es población finita, ya que en esta investigación se eligió el suelo de la subrasante delimitado por las vías sin pavimentar del A.H. Brisas del Mar, Distrito de Nuevo Chimbote, provincia del Santa, departamento de Ancash.

3.6.2. Muestra

La muestra es no probabilística, ya que se eligió por conveniencia y criterio de los investigadores. Para la obtención de las características físicas y mecánicas del suelo que presenta la subrasante de esta zona y a partir de ello aplicar los métodos de diseño para pavimento flexible, con el fin de obtener el óptimo diseño de pavimento, es que realizamos la excavación de 6 calicatas de 1.5m de profundidad, según indica el Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”; la elección de estos 6 puntos para las calicatas fue por criterio, y se realizó a lo largo de los 3 km, en los Tramos: Jr. Atahualpa, Jr.Mancora, Calle Tossa de Mar, Calle Mazatlán y Calle Cancún, del A.H. Brisas del Mar, Distrito de Nuevo Chimbote.

Tabla 29.
Coordenadas de la ubicación de las calicatas

Calicata	Ubicación	Profundidad
C-01	774628.13 m E	1.50 m
	8987112.87 m S	
C-02	774731.00 m E	1.50 m
	8987206.00 m S	
C-03	774831.10 m E	1.50 m
	8987299.71 m S	
C-04	774994.17 m E	1.50 m
	8987114.58 m S	
C-05	774891.00 m E	1.50 m
	8987022.00 m S	
C-06	774790.59 m E	1.50 m
	8986932.01 m S	

Nota: Elaboración Propia.



Figura 19.
Ubicación de calicatas en el A.H. Brisas del Mar

Nota: Elaboración Propia (Imagen obtenida mediante Google Earth Pro).

3.7. Variables

3.7.1. Variables Independientes

- Método de diseño Instituto del Asfalto.
- Método de diseño AASHTO 93.

3.7.2. Variable Dependiente

Diseño del pavimento flexible.

3.7.3. Matriz de Consistencia

Tabla 30.
Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE
<p>PROBLEMA GENERAL</p> <p>¿Cuál de los métodos de diseño del Instituto del Asfalto y AASHTO 93, será el más óptimo para diseñar la estructura del pavimento flexible del A.H. Brisas del Mar?</p> <p>PROBLEMA ESPECIFICO 1</p> <p>¿Se puede determinar la estructura del pavimento flexible aplicando el método de diseño Instituto del Asfalto?</p> <p>PROBLEMA ESPECIFICO 2</p> <p>¿Se puede determinar la estructura del pavimento flexible aplicando el método de diseño AASHTO 93?</p> <p>PROBLEMA ESPECIFICO 3</p> <p>¿Es posible que mediante un análisis comparativo técnico y económico de los métodos de diseño Instituto del Asfalto y AASHTO 93 se pueda obtener el óptimo diseño de la estructura del pavimento flexible?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL</p> <p>Determinar el óptimo diseño de la estructura de pavimento flexible entre los métodos Instituto del Asfalto y AASHTO 93 para el A.H. Brisas del Mar.</p> <p>OBJETIVOS</p> <p>Determinar la estructura del pavimento flexible mediante el método de diseño Instituto del Asfalto, en el A.H. Brisas del Mar.</p> <p>Determinar la estructura del pavimento flexible mediante el método de diseño AASHTO 93, en el A.H. Brisas del Mar.</p> <p>Realizar un análisis comparativo técnico y económico de los métodos Instituto del Asfalto y AASHTO 93, para determinar el óptimo diseño de la estructura del pavimento flexible en el A.H. Brisas del Mar.</p>	<p>Si se obtiene el diseño del pavimento flexible utilizando los métodos Instituto del Asfalto y AASHTO 93 entonces se podrá realizar la comparación entre ambos métodos para determinar el óptimo diseño del pavimento flexible para el A.H. Brisas del Mar.</p> <p>Si se aplica el método de diseño del Instituto del Asfalto, se determinará la estructura del pavimento flexible en el A.H. Brisas del Mar.</p> <p>Si se aplica el método de diseño AASHTO 93, se determinará la estructura del pavimento flexible en el A.H. Brisas del Mar.</p> <p>Si se realiza un análisis comparativo técnico y económico de los métodos Instituto del Asfalto y AASHTO 93, se determinará el óptimo diseño de la estructura del pavimento flexible en el A.H. Brisas del Mar.</p>	<p>Diseño de Pavimento Flexible</p> <p>Pavimento Flexible</p> <p>Diseño</p> <p>Método del Instituto del Asfalto</p> <p>Método AASHTO 93</p> <p>Parámetros de Diseño</p> <p>Tránsito de Diseño</p> <p>Características del A.H. Brisas del Mar</p> <p>Datos para la estructuración</p> <p>Tráfico en la zona</p> <p>Propiedades de la subrasante</p> <p>Análisis comparativo técnico</p> <p>Análisis comparativo económico</p> <p>Óptimo Diseño</p>

Nota: Elaboración Propia.

3.7.4. Operacionalización de Variables

Figura 20.
Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LA VARIABLE	DIMENSIÓN DE LA VARIABLE	INDICADORES	HERRAMIENTAS	MÉTODO	
VARIABLE DEPENDIENTE	Pavimento Flexible	Es un tipo de pavimento cuya estructura total se deflecta o flexiona dependiendo de las cargas que transitan sobre él, está conformado en la superficie por una capa de material bituminoso o mezcla asfáltica que se apoya generalmente sobre dos capas no rígidas de material granular, la base y subbase.	Propiedades del suelo	Físicas	Análisis granulométrico de suelos por tamizado (MTCE107) SUCS AASHTO Contenido de humedad (MTC E108) Límite líquido (MTC E110) Límite plástico (MTC E111) Índice de plasticidad (MTC E111) Proctor Modificado (MTC E115) CBR (MTC E132)	Juego de tamices, máquina de los angeles Material bibliográfico Balanza electrónica, hormo eléctrico Copa casa grande, hormo eléctrico Molde cilíndrico, pisón Prensa, molde, disco, pisón, placa	Ensayos de laboratorio de suelos
	Diseño del Pavimento Flexible	Se dice que un diseño es óptimo cuando exhibe un alto nivel de cumplimiento de los estándares o criterios establecidos.	El diseño óptimo del pavimento flexible se va determinar realizando un análisis técnico- estructural y económico.	Análisis Comparativo	Técnico-Estructural	Manual de Diseño	Manual MS 1 del Instituto del Asfalto, Guía AASHTO 1993
VARIABLE INDEPENDIENTE	Diseño	Se basa principalmente en la aplicación de la teoría elástica en multicapas, que utiliza resultados de investigaciones recientes por parte de este organismo. Presenta un procedimiento de diseño para obtener los espesores de la sección estructural de pavimentos, donde se utilizan el cemento asfáltico y las emulsiones asfálticas en toda la sección o en parte de ella.	Parámetros de Diseño o Tránsito de Diseño	Económico	Programa S10	APU, Presupuesto	
	Método del Instituto del Asfalto	Considera al pavimento como un sistema elástico multicapa (capa de rodadura asfáltica con base y subbase granulares) que mediante la utilización de conceptos teóricos, experimentales, resultados de ensayos de laboratorio, y programas, permite optimizar los espesores de la estructura del pavimento y el chequeo del cumplimiento de los criterios de fatiga y ahuellamiento.	Capacidad de Soporte de la Subrasante	Período y análisis de Diseño Temperatura Media Anual del Aire (TMAA) Selección del Material de las Capas Tipos de Bases ESAL de Diseño	Manuales y libros	Manual Series MS-1 del Instituto del Asfalto, MTC E- 132, MTC Reglamento nacional de vehículos.	
	Método AASHTO 93	Para el diseño de estructuras de pavimento flexible, se presenta un modelo o ecuación a través de la cual se obtiene el parámetro llamado número estructural (SN) cuyo valor es fundamental para la determinación de los espesores finales de las diferentes capas que conforman la estructura de pavimento.	Tráfico y propiedades de la subrasante	Verificación de CBR	Reglamento, Formatos Manual de ensayos, Prensa de CBR, molde de metal, disco, pistón.	Manual, Tablas, fórmulas	Guía AASHTO 1993 para diseño de estructuras de pavimentos, MTC E-132, MTC Reglamento nacional de vehículos.
	Este método se basa en la Guía AASHTO 1993 de diseño y estructuras de pavimentos, donde el comportamiento de este está relacionado a diferentes ecuaciones y ábacos que se definieron en 1961 con el experimento de carreteras de la AASHTO.		Datos para la estructuración	Coefficientes estructurales de capa Coefficientes de Drenaje Número estructural (SN)	Guías de diseño, ábacos, nomogramas		

3.8. Instrumentos

La recolección de datos se realizó en primer lugar con la extracción de muestras de suelo del terreno natural mediante las calicatas, las cuales fueron llevadas al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional del Santa para realizar los ensayos correspondientes. También se realizó el conteo de vehículos en puntos estratégicos de la zona de estudio. Con los resultados obtenidos se procedió a realizar los métodos para diseñar el pavimento flexible.

Los instrumentos empleados de acuerdo a cada proceso se mencionan a continuación:

- Estudio de tráfico y cargas
 - Formato de clasificación vehicular emitido por el MTC.
- Realización de calicatas
 - Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC (Caracterización de la sub rasante).
- Ensayos realizados en el Laboratorio de Mecánica de Suelos
 - Obtención en laboratorio de muestras representativas (Cuarteo) NTP 339.089, MTC E 105.
 - Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E 107.
 - Contenido de humedad ASTM D-2216, MTC E 108.
 - Límite Líquido ASTM D-4318, MTC E 110.
 - Límite Plástico e Índice de plasticidad ASTM D-4318, MTC E 111.
 - Proctor Modificado ASTM D-1557, MTC E 115.
 - California Bearing Ratio (CBR) de laboratorio ASTM D-1883, MTC E 132.
- Métodos de Diseño de Pavimento Flexible
 - Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimento AASHTO 1993.
 - Guía de diseño del Instituto del Asfalto MS-1 1981.

Todos los datos fueron procesados en el software Microsoft Excel.

3.9. Procedimientos

3.9.1. Ensayos ejecutados en campo

➤ **Conteo Vehicular**

Para realizar el conteo vehicular tuvimos un punto de control PC-1 ubicado en la vía más transitada que es el Jr. Atahualpa, por el periodo de una semana durante todo el día. Se utilizaron formatos del MTC para registrar el conteo de vehículos según la clasificación vehicular, los cuales se pueden observar en el Anexo 1.

Con esto pudimos obtener el IMDA, variable que utilizamos para el cálculo del tráfico que se aplica en ambos métodos de diseño.

➤ **Levantamiento Topográfico**

Se realizó un levantamiento topográfico en la zona de estudio, ya que esta no contaba con sus planos topográficos. Se contrató el equipo topográfico Estación Total con sus accesorios Prisma y Bastón, para poder llevar a cabo este levantamiento.

El resultado de esto fue generar los perfiles longitudinales con el fin de realizar un presupuesto sobre lo que se gastaría construyendo el pavimento flexible en la zona, y así poder realizar un análisis económico, comparando ambos métodos de diseño.

➤ **Calicatas**

Se realizaron 6 calicatas a 1.5m de profundidad, de las cuales 3 estuvieron ubicadas en el Jr. Atahualpa y 3 en el Jr. Mancora, ambos en la intersección con las calles Cancún, Costa Brava y Puerto Rico.

Se demarcó el área de excavación siendo aproximadamente de 1.00m x 1.50m, y se dio inicio a la excavación de las calicatas a una profundidad de 1.50m, previa limpieza superficial del área demarcada. Una vez llegada a la profundidad indicada se observó los estratos que tenía cada calicata y se procedió a extraer muestras de suelo de cada calicata y de cada estrato de esta. Las muestras fueron colocadas en

bolsas de polietileno, con su identificación, para posteriormente trasladarlas al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional del Santa.

3.9.2. Ensayos de Laboratorio

Estando las muestras obtenidas de las calicatas en el Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional del Santa, se procedió a realizar los ensayos correspondientes para subrasante de acuerdo al Manual de Ensayo de Materiales (2016) del MTC.

3.9.2.1. Determinación del contenido de humedad de un suelo MTC E -108

Procedimiento:

- Se selecciona muestra representativa del material húmedo total, de acuerdo al tamaño máximo, según cuadro en MTC E-108.
- Se elige 3 taras para cada muestra, M1, M2, M3, las cuales se pesan, para luego registrarlas.
- Se coloca muestras en las taras, el cual se pesa, para obtener PT1 + M1, PT1 + M2,
- PT1 + M3.
- La tara con la muestra se coloca en el horno eléctrico a temperatura constante de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$, la cual por recomendación se quedará de 16 a 24 horas, hasta obtener una masa constante.
- Pasado el tiempo de secado, se retira las taras del horno eléctrico, para luego enfriarse a temperatura ambiente.
- Por último, se pesa la tara más la muestra seca y se registra, para luego calcular según fórmula, el contenido de humedad W. Este procedimiento se replica para todas las muestras de las seis calicatas

Cálculos:

Se calcula, el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 8. Cálculo del contenido de humedad

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100 \dots\dots\dots (8)$$

$$W = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C} \times 100 = \frac{M_W}{M_S} \times 100 \dots\dots\dots$$

Donde:

- W= es el adjunto de humedad, (%).
- MCWS= es el peso de la tara más el suelo húmedo, en gramos.
- MCS =Es el peso del inclusivo más el suelo secado en horno en gramos.
- MC = Es el peso de la tara, en gramos.
- MW = Es el peso del agua en gramos.
- MS = Es el Peso de las partículas Sólidas en gramos.

3.9.2.2 Análisis Granulométrico por Tamizado MTC E -107

Procedimiento:

- Se selecciona muestra representativa del material total, de acuerdo al tamaño máximo, según tabla 1 MTC E-107.
- La muestra se seca en el horno a una temperatura constante de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- Se selecciona los tamices a utilizar el cual debe encontrarse limpio y calibrado. En la parte superior (tamiz mayor) se coloca la muestra, para luego tapar y mover de un lado a otro, recorriendo circunferencias de manera que la muestra se encuentre en movimiento sobre la malla.
- Se verifica el correcto tamizado, operando cada tamiz individualmente. Si quedan partículas se separa con un cepillo y se reúne con lo retenido en el tamiz.

- Se pesa y registra cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0.1%

Cálculos:

El valor del análisis del tamiz para la fracción que pasa por 4.760 mm.

(No. 4): El porcentaje de sustancia que pasa a través del tamiz de 0.074 mm (No. 200) se calcula como:

Ecuación 9. Cálculo del % que pasa el tamiz N°200

$$\% \text{ Pasa } 0.074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el tamiz de } 0.074}{\text{Peso Total}} \times 100 \dots (9)$$

La tasa de retención para cada tamiz se calcula como:

Ecuación 10. Cálculo de la tasa de retención para cada tamiz

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100 \dots (10)$$

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

Ecuación 11. Cálculo del porcentaje acumulado

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado} \dots (11)$$

3.9.2.3 Determinación del Límite Líquido MTC E -110

- Se selecciona muestra representativa del material total, pasantes por el tamiz N° 40.

- Se prepara muestra vertiendo agua progresivamente, después de su uso cubrirlo para no perder líquido.

- Colocar muestra preparada en la copa del dispositivo limite líquido, esparciéndolo y formando una superficie plana de aproximadamente 10 mm de profundidad.

- Haciendo una ranura se divide la muestra contenida en la copa, utilizando el acanalador, siguiendo una línea que una el punto más alto y el más bajo, para luego trazar un arco en la superficie de la copa.

- Se realiza la prueba de golpes sucesivamente, para un cierre que requiera de 25 a 35 golpes, para un cierre entre 20 y 30 golpes y para un cierre que requiera de 15 a 25 golpes.
- Se registra y determina el contenido de humedad, de cada prueba de la muestra.

Cálculos:

Contenido de humedad de cada una de las muestras tomadas:

$$W\% = \frac{W_w}{W_s} \times 100 \dots\dots\dots (8)$$

Donde:

W%: Contenido de Humedad

Ww: Peso de agua presente en la masa de suelo

Ws: Peso seco de los solidos

Curva de Fluidez. Contenido de Humedad vs Numero de Golpes.

3.9.2.4 Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado) MTC E -115

- Se selecciona muestra representativa del material total, de acuerdo al método a utilizar según granulometría.
- Se selecciona el molde de compactación según el método a utilizar y verificar que el pisón y sus partes estén en buenas condiciones, así mismo cerciorarse que la calibración se encuentre vigente.
- Preparar las muestras a ensayar vertiendo agua lo más cercano al optimo estimado de acuerdo al método a utilizar y como mínimo cuatro especímenes por contenido de humedad.
- Se pesa y anota la masa del molde y el plato de la base.

- Compactar el primer espécimen de acuerdo al método a utilizar, para luego pesar y anotar.
- Remover el material del molde para obtener el contenido de humedad.
- Para los siguientes especímenes preparar el contenido de agua variando alrededor de 2% del óptimo estimado y seguir lo antes mencionado.
- Con estos valores se obtendrá la Curva de compactación, obteniendo el Peso Unitario Seco Máximo y el óptimo contenido de humedad.

Cálculos:

La densidad húmeda se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 12. Cálculo de la densidad húmeda

$$\rho_m = 1000 \frac{(M_t - M_{md})}{V} \dots\dots\dots (12)$$

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}} \dots\dots\dots (12)$$

Donde:

ρ_m = Densidad húmeda del espécimen compactado (kg/m³).

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. Cálculo de la densidad seca

$$\gamma_d = 62.43 \rho_d \text{ en } \frac{\text{lb}_f}{\text{pie}^3} \dots\dots\dots (13)$$

$$\gamma_d = 9.807 \rho_d \text{ en } \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \dots\dots\dots (13)$$

γ_d = Peso unitario seco del espécimen compactado.

3.9.2.5 CBR de Suelos MTC E -132

Procedimiento

- Se selecciona muestra representativa del material total, de acuerdo al peso unitario el contenido de humedad y la granulometría, y se prepara.
- Se calcula al área, volumen y peso del molde.
- De la muestra preparada más 5 kg por cada molde CBR, se toma la cantidad necesaria para apisonar
- Se determina la humedad óptima a y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación elegido. Para luego compactar especímenes con variación al contenido de humedad.
- Se obtiene los resultados en un diagrama de contenido de agua contra peso unitario.
- Cálculos.

Presión de humedad. La proporción de agua que se debe agregar al suelo a su contenido de humedad normal hasta que el suelo alcanza el contenido de humedad predeterminado, se calcula de la siguiente manera:

Ecuación 14. Cálculo del % de agua a añadir para alcanzar óptimo contenido de humedad

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H-h}{100+h} \times 100 \dots\dots\dots (14)$$

Donde:

H = Humedad prefijada.

h = Humedad natural

% de agua a añadir

La Expansión se calcula mediante la siguiente expresión:

Ecuación 15. Cálculo del % de expansión

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L2-L1}{127} \times 100 \dots\dots\dots (15)$$

Donde:

L1= Lectura inicial en mm.

L2= Lectura final en mm.

El índice del CBR se obtiene de la siguiente manera:

Ecuación 16. Cálculo del índice de CBR

$$CBR = \frac{C1}{CE} \times 100 \dots (16)$$

Donde:

CBR= Índice de CBR

C1= Carga obtenida en lb/plg²

CE= Carga Estándar en lb/plg²

Las características de la muestra estándar son las siguientes:

Tabla 31.
Tipologías de la muestra patrón CBR

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

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

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

CAPÍTULO IV: RESULTADOS










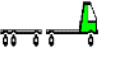
4.1. Análisis e interpretación de resultados

4.1.1. Determinación de los Parámetros de Diseño

4.1.1.1. Estudio de Tráfico

Del Anexo 1, se realizó el conteo vehicular en el punto de control PC-1 que fue en la intersección de Jr. Atahualpa con Calle Mazatlán, del cual se obtuvo el total de vehículos en la semana, resultando de este el IMDA de los diferentes tipos de vehículos que transitan en la zona, este valor se encuentra en la Figura 21.

Figura 21.
Índice medio diario anual (IMDA)

VEHICULOS		TOTAL SEMANAL	IMDA (veh/día)		
CAMIONETAS	AUTO		3117	445	
	STATION WAGON		96	14	
	PICK UP		210	30	
	PANEL		87	12	
	RURAL Combi		194	28	
	MICRO		1223	175	
	CAMION	2 E		70	10
	SEMI TRAYLER	3S1/3S2	 	6	1
	TRAYLER	2T3		4	1
	TOTAL		5007	715	

Nota: Elaboración Propia.

Hallado el IMDA, y aplicando otras variables con las que trabaja cada método, lo cual se puede observar en el Anexo 3 Memoria de Cálculo, se realizó los cálculos del EAL de diseño (Método Instituto del Asfalto) y el ESAL (Método AASHTO 93).

Tabla 32.

Tráfico de diseño para ambos métodos

Método Instituto del Asfalto	Método AASHTO 93
EAL	ESAL
558,189.536	495,914.949
5.58×10^5	4.96×10^5

Nota: Elaboración Propia.

- Los valores del tráfico resultan distintos porque para cada método existen variables que el otro no utiliza, como algunas que ambos consideran. Entre las variables que ambos métodos consideran para hallar el EAL y ESAL son los IMDA, factores de equivalencia de carga (siendo diferentes en cada método), factor carril que es similar a carril de diseño usando diferentes consideraciones para cada método y el factor de crecimiento acumulado. El Instituto del Asfalto considera la presión de contacto de neumáticos a diferencia del método AASHTO.

4.1.1.2. Estudio de Suelos

➤ EMS de la subrasante

En la Tabla 33, se resumen los resultados del estudio de mecánica de suelos realizados al material de subrasante en nuestra zona de estudio, los cuales se pueden ver en el Anexo 2.

Tabla 33.
Resultados del EMS de la subrasante

DESCRIPCIÓN	C-01		C-02		C-03	C-04	C-05	C-06
	M-01	M-02	M-01	M-02	M-01	M-01	M-01	M-01
Clasificación (SUCS)	SP	SP-SM	SP	SP	SP	SP	SW	SW
Clasificación (AASHTO)	A-3(0)	A-3(0)	A-3(0)	A-3(0)	A-3(0)	A-1-b (0)	A-1-b (0)	A-1-b (0)
Contenido de Humedad	1.08%	2.50%	0.74%	1.03%	0.87%	0.39%	1.50%	1.56%
Límite Líquido	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Límite Plástico	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Índice de plasticidad	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	-	-	-	-	-	1.78 Gr /Cm ³	-	-
Óptimo Contenido de Humedad	-	-	-	-	-	8.50%	-	-
C.B.R. al 100% de M.D.S.	-	-	-	-	-	17%	-	-
C.B.R. al 95% de M.D.S.	-	-	-	-	-	13%	-	-

Nota: Elaboración Propia

➤ **EMS del material de cantera (Base y Subbase granular)**

En la Tabla 34, se resumen los resultados del estudio de cantera con sus respectivas verificaciones en base a los requerimientos establecidos para materiales de subbase y base, estos estudios se pueden ver en el Anexo 7.

Tabla 34.
Resumen del estudio de cantera

PROPIEDADES	CANTERA			REQUERIMIENTO		VERIFICACIÓN	
	SAN PEDRITO	SUB BASE	BASE	SUB BASE	BASE	SUB BASE	BASE
GRANULOMETRÍA	< 3000 msnm	GRADACIÓN B	GRADACIÓN B	CUMPLE	CUMPLE		
%GRAVA	44.20%	-	-	-	-		
%ARENA	48.48%	-	-	-	-		
%FINOS	7.32%	-	-	-	-		
LÍMITE LÍQUIDO (%)	NP	25%Máximo	-	CUMPLE	-		
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP	6%Máximo	4%Máximo	CUMPLE	CUMPLE		
EQUIVALENTE DE ARENA (%)	68%	25%Mínimo	35%Mínimo	CUMPLE	CUMPLE		
ABRASIÓN DE LOS ÁNGELES	14%	50%Máximo	40%Máximo	CUMPLE	CUMPLE		
PARTÍCULAS CON 1 CARA FRACTURADA (%)	91%		80%Mínimo				CUMPLE
PARTÍCULAS CON 2 CARA FRACTURADA (%)	59%		40%Mínimo				CUMPLE

CBR 95% M.D.S. (0.1") (%)	40.5%	-	-	-	-
CBR 100% M.D.S. (0.1") (%)	93%	40%Mínimo	80%Mínimo	CUMPLE	CUMPLE

Nota: Elaboración Propia

4.1.2. Determinación de la Estructura de Pavimento Flexible por el Método de Diseño AASHTO 93

Los parámetros de diseño que incluye este método, se encuentran resumidos en la Tabla 35, el cálculo y determinación de cada variable se obtuvo según lo indicado en el Anexo 3 “Memoria de Cálculo”.

Tabla 35.
Parámetros de diseño del método AASHTO 93

PARÁMETROS DE DISEÑO	VALORES
PERIODO DE DISEÑO	20 años
ESAL	495,914.949
CONFIABILIDAD (R)	80%
DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Zr)	-0.841
DESVIACIÓN ESTÁNDAR TOTAL (So)	0.45
ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Po)	4.2
ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pt)	2
PÉRDIDA DE LA SERVICIABILIDAD (Δ PSI)	2.2
MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBRASANTE (Mr)	13,192.122 psi
MÓDULO ELÁSTICO DEL CONCRETO ASFÁLTICO (EAC)	430,000 psi
COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE CAPA DEL CONCRETO ASFÁLTICO (a_1)	0.432
MÓDULO RESILIENTE DE LA BASE GRANULAR (Mr base)	29,500 psi
COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE CAPA DE LA BASE GRANULAR (a_2)	0.136
COEFICIENTE DE DRENAJE DE LA BASE GRANULAR (m_2)	1.00
MÓDULO RESILIENTE DE LA SUBBASE GRANULAR (Mr subbase)	17,200 psi
COEFICIENTE ESTRUCTURAL DE CAPA DE LA SUBBASE GRANULAR (a_3)	0.122
COEFICIENTE DE DRENAJE DE LA SUBBASE GRANULAR (m_3)	1.00
NÚMERO ESTRUCTURAL (SN)	2.28

Nota: Elaboración Propia.

Con estos parámetros de diseño se determinaron los espesores de las capas de la estructura del pavimento flexible, lo cual se muestra en la Figura 22. Se siguió con el procedimiento de diseño de la Guía Aashto 93, este proceso para determinar el espesor de las capas se puede ver en el Anexo 3 “Memoria de Cálculo”.

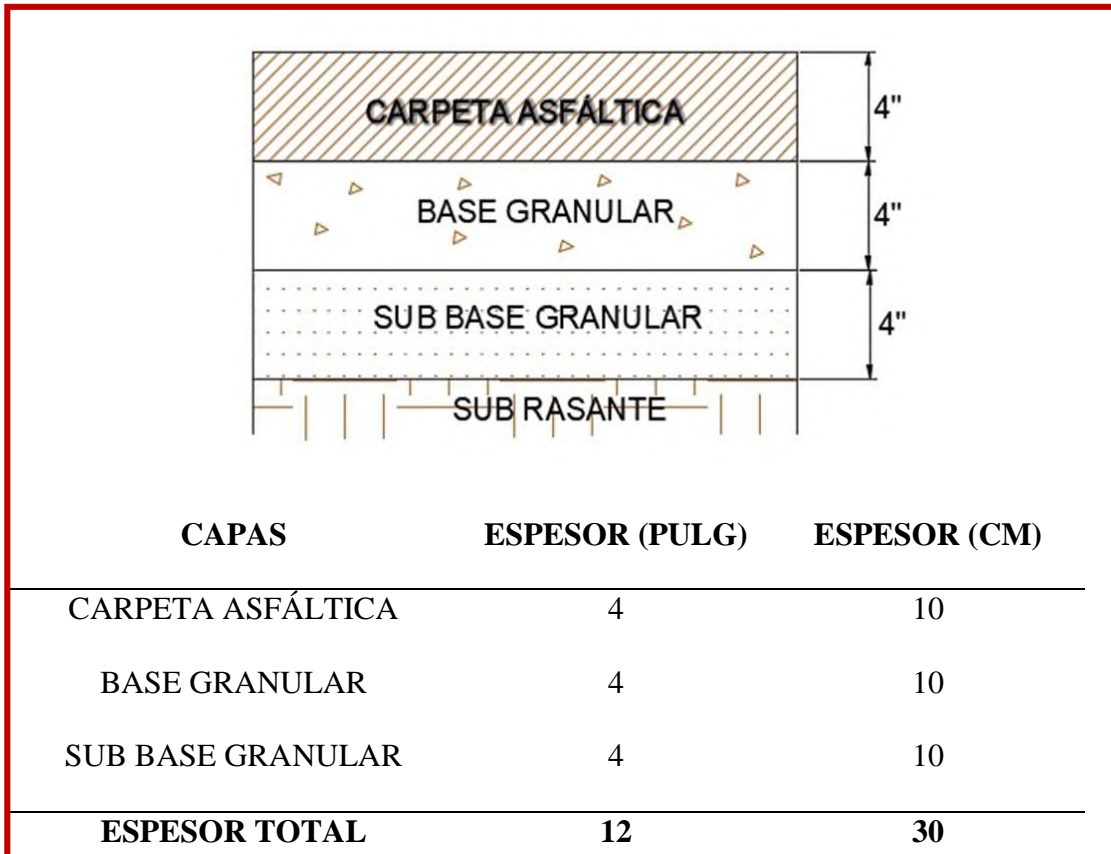


Figura 22.
Estructura del pavimento flexible con el método AASHTO 93

Nota: Elaboración Propia

ANÁLISIS:

✓ El espesor mínimo según nuestro valor de ESAL, para la carpeta asfáltica es de 2.5”, pero para optimizar el diseño, se propone mantener el espesor de 4” obtenido por el método de verificación por capas, con el fin de que la estructura sea más durable.

✓ En la figura 22 se puede observar que el pavimento flexible tendrá un espesor total de 12”, constituido por una capa de concreto asfáltico de 4”, una capa de base granular de 4” y una capa de subbase granular de 4”.

4.1.3. Determinación de la Estructura de Pavimento Flexible por el Método de Diseño

Instituto del Asfalto

Los parámetros de diseño que incluye este método, se encuentran resumidos en la Tabla 36, el cálculo y determinación de cada variable y el procedimiento para hallar los espesores según el Manual Series MS-1, se obtuvo según lo indicado en el Anexo 3 “Memoria de Cálculo”.

Tabla 36.

Parámetros de diseño del método instituto del asfalto

PARÁMETROS DE DISEÑO	VALORES
PERIODO DE DISEÑO	20 años
EAL	558,189.536
MÓDULO DE RESILIENCIA DE LA SUBRASANTE (Mr)	19,500 psi
TEMPERATURA MEDIA ANUAL DEL AIRE	20.4 °C
TIPO DE BASE	Agregados no tratados

Nota: Elaboración Propia

Con estos parámetros de diseño se determinaron los espesores de las capas de la estructura del pavimento flexible, lo cual se muestra en la Figura 23. Se siguió con el procedimiento de diseño del Manual Series MS-1 del Instituto del Asfalto, el proceso para determinar el espesor de las capas se puede ver en el Anexo 3 “Memoria de Cálculo”.

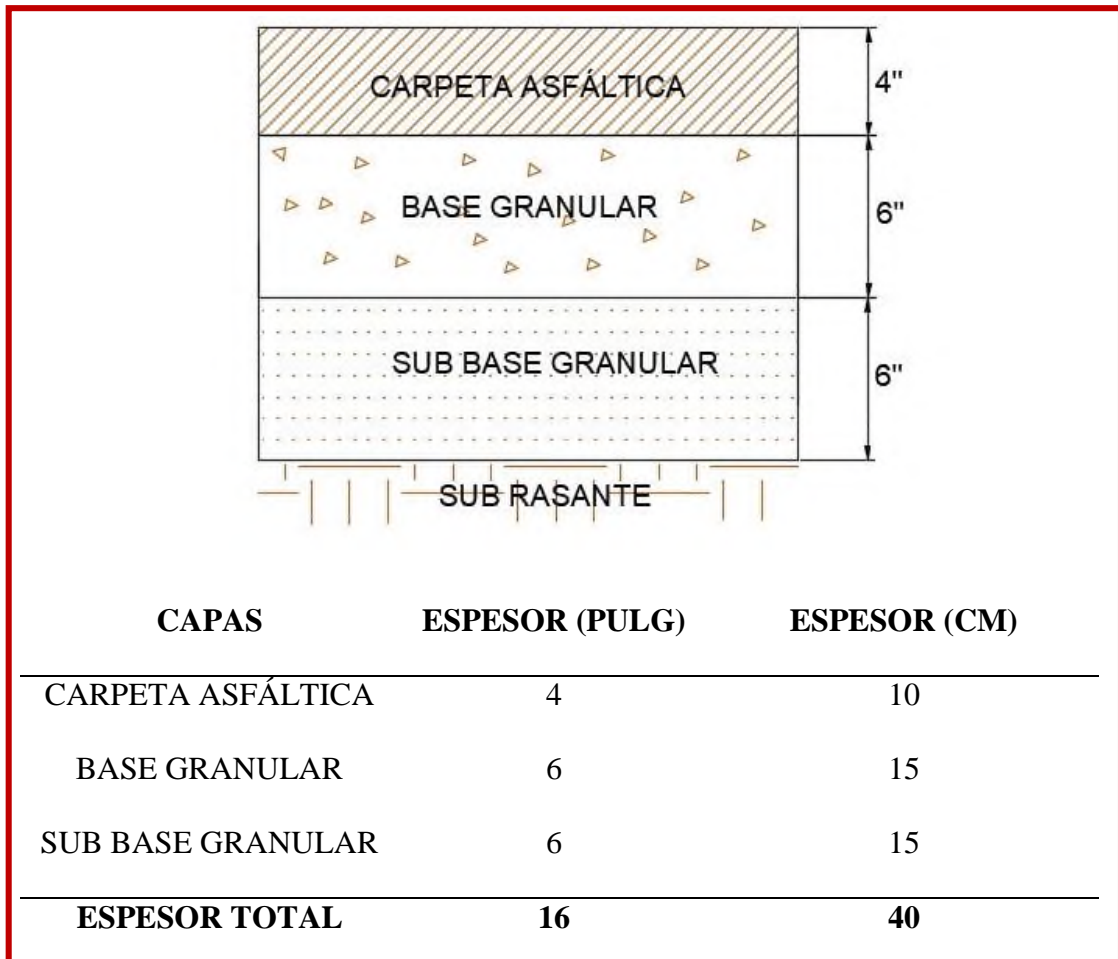


Figura 23.
Estructura del pavimento flexible con el método instituto del asfalto

Nota: Elaboración Propia

ANÁLISIS:

- ✓ El espesor mínimo según nuestro valor de EAL, para la carpeta asfáltica es de 4”, lo cual cumplió con el resultado obtenido.
- ✓ Al ser nuestro periodo de diseño para 20 años, de las cartas de diseño empleadas en el Anexo 3, se consideró la A-30, capas granulares de 12”, para otorgarle mayor resistencia y durabilidad a nuestro pavimento.
- ✓ En la figura 23 se puede observar que el pavimento flexible tendrá un espesor total de 16”, constituido por una capa de concreto asfáltico de 4”, una capa de base granular de 6” y una capa de subbase granular de 6”.

4.1.4. Análisis comparativo técnico y económico

4.1.4.1. Análisis Técnico

Los resultados y análisis comparativo se resumen en la Tabla 37 mostrada. Se realizó en función de los espesores escogidos, de las variables que tienen en común ambos métodos de diseño y otras consideraciones como el factor ambiental y los espesores mínimos, con respecto al tráfico que nos resultó en cada método, así como otros aspectos adicionales que considera un método a comparación del otro.

Tabla 37.
Comparación técnica entre ambos métodos

COMPARACIÓN TÉCNICA ENTRE LOS MÉTODOS		
ASPECTOS COMPARATIVOS	AASHTO 93	INSTITUTO DEL ASFALTO
ESTRUCTURA cm (pulg)		
Carpeta Asfáltica	10 (4")	10 (4")
Base Granular	10 (4")	15 (6")
Sub Base Granular	10 (4")	15 (6")
Espesor Total	30 (12")	40 (16")
Gráfico		
VARIABLES EN COMÚN		
Periodo de Diseño (años)	20	20
ESAL/EAL (NºEjes Equiv.)	495,914.949	558,189.536
CBR (Subrasante) (%)	13	13
Módulo Resiliente Subrasante (psi)	13,192.122	19,500
CONSIDERACIONES		
Coefficiente de Drenaje (m1,m2)	1,1	NO

Temperatura Media Anual del Aire (TMAA)	NO	20.4°C
Espesores mínimos (pulgadas)	2.5”(carpeta),4”(base)	4”(carpeta)
Confiability		
Desviación Estándar		
OTROS ASPECTOS CONSIDERADOS	Serviciabilidad	Tipos de Base
	Coeficientes Estructurales de cada capa	Cartas de Diseño
	Número Estructural	

Nota: Elaboración Propia, 2023.

ANÁLISIS:

- ✓ El espesor total del pavimento flexible por el método del Instituto del Asfalto, es superior en un 33.33% que lo resultante por el método AASHTO 93.
- ✓ Como se sabe, a mayor espesor de la carpeta asfáltica mayor será la durabilidad de la misma en relación a su periodo de diseño; en el caso de ambos métodos resultó un espesor de carpeta asfáltica de 4”.
- ✓ El método del Instituto del Asfalto incluye en sus variables el factor ambiental a través de la TMAA, de la cual se obtiene que mezcla asfáltica emplear respecto a la temperatura de la zona. En cambio, el método AASHTO 93 solo considera el coeficiente de drenaje para estimar el tiempo que tarda el agua de lluvia para ser evacuada. Todo esto influye al momento de realizar un diseño de pavimento, con el fin de que sea más durable.
- ✓ Como se puede observar en la Tabla 37, el método AASHTO 93 considera más variables que el Instituto del Asfalto, como son la confiabilidad, desviación estándar, serviciabilidad, coeficientes estructurales de cada capa y el número estructural, teniendo más criterios de análisis.

Aspectos de Durabilidad

La obtención de un correcto diseño de la estructura de un pavimento flexible es primordial para que se garantice un buen desempeño y durabilidad de este, así como también, es importante llevar a cabo un proceso constructivo adecuado, trabajar con material de calidad y realizar periódicamente el mantenimiento necesario para que se pueda cumplir con el periodo de vida útil para el cual fue diseñado.

Se procederá a describir algunos aspectos en función a la durabilidad en el diseño del pavimento flexible, según considera cada método:

- La carpeta asfáltica al ser a capa externa de la estructura de un pavimento, está expuesta a las condiciones del medio ambiente, las cuales pueden ser perjudiciales, causando la pérdida de rigidez y plasticidad. En el método del Instituto de Asfalto se considera el factor ambiental a través de la TMAA, donde se va determinar que mezcla asfáltica emplear teniendo en cuenta la temperatura de la zona en estudio; en cambio, en el método AASHTO 93, considera un coeficiente de drenaje para estimar el tiempo que tarda el agua para ser evacuada (en casos de lluvia). Cada método considera diferentes aspectos en relación al medio ambiente, los cuales influyen en la realización de un buen diseño para que sea más durable.
- La carpeta asfáltica mientras mayor sea su espesor, mayor será la durabilidad de esta, generalmente el pavimento flexible se diseña para un periodo de vida de 20 años. En el caso de ambos métodos presentan una carpeta asfáltica con el mismo espesor.

A continuación, en la Tabla 38 se presenta un resumen de las diferencias entre lo que consideran ambos métodos de diseño en estudio.

Tabla 38.

Comparativo de los métodos de diseño AASHTO 93 e Instituto del Asfalto

AASHTO 93	INSTITUTO DEL ASFALTO
Para obtener los espesores, considera más parámetros de diseño.	Los espesores dependen principalmente de los parámetros Mr de la subrasante y el EAL.
Considera un coeficiente de drenaje.	Considera la Temperatura Media Anual del Aire (TMAA).
No hay restricciones con respecto al valor de ESAL.	Restringe hacer uso de sus cartas cuando el EAL es menor a 10^3 .
Para el cálculo del ESAL considera al factor carril y al direccional, además sus factores de equivalencia de carga resultan de ecuaciones según el tipo de eje.	Para el cálculo del EAL considera solo al carril de diseño, y sus factores de equivalencia de carga se obtienen de una tabla según la carga por eje.
Toma en cuenta para el diseño los módulos resilientes de la subrasante, subbase y base.	Solo toma en cuenta el módulo resiliente de la subrasante.
Sus espesores mínimos están en función del número estructural y del tránsito.	Sus espesores mínimos están en función solo del tránsito.
Utiliza ábacos, ecuaciones o programas para obtener el SN, que va determinar los espesores del pavimento.	Los espesores del pavimento se obtienen de las cartas de diseño, elegidas según su TMAA y tipo de base.

Nota: Elaboración Propia

4.1.4.2. Análisis Económico

Se realizó un análisis económico con los resultados de ambos métodos, previo metrado (Anexo 4) de la zona de estudio, y considerando el resultado de espesores y calidad de material de cada capa. Para ello, se hizo un análisis de precios unitarios de las partidas involucradas en la construcción del pavimento (Anexo 5) y posterior a eso se elaboró un presupuesto (Anexo 6) por cada método.

4.1.4.2.1. Análisis de Precios Unitarios

Para realizar el análisis de precios unitario solo se consideraron las partidas necesarias para la construcción exclusiva del pavimento flexible. Este cálculo se ejecutó en el programa s10 y se puede observar en el Anexo 5.

Realizado el APU, obtenemos que la construcción de la capa subbase genera un costo de $S/.50.47/m^3$, la capa base un costo de $S/.53.45/m^3$ y para la imprimación y carpeta asfáltica un costo de $S/.643.19/m^2$. Convirtiendo todo a m^2 , podremos obtener cuanto se gasta en construir las capas de la estructura del pavimento flexible por cada metro cuadrado, por ambos métodos, lo cual se muestra a continuación en la Tabla 39.

Tabla 39.

Costo por metro cuadrado para la construcción del pavimento flexible por ambos métodos

CAPAS	COSTO POR METRO CUADRADO	
	AASHTO	INSTITUTO DEL ASFALTO
SUBBASE	$S/.5.047/m^2$	$S/.7.571/m^2$
BASE	$S/.5.047/m^2$	$S/.7.571/m^2$
CARPETA	$S/.643.19/m^2$	$S/.643.19/m^2$
TOTAL	$S/.653.284/m^2$	$S/.658.332/m^2$

Nota: Elaboración Propia

4.1.4.2.2. Presupuesto

a) Método AASHTO 93

En la Figura 24, se observa el presupuesto del pavimento con el método AASHTO 93.

Figura 24.

Presupuesto del pavimento flexible con el método AASHTO 93

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				974,470.32
01.01	CORTE DE TERRENO NATURAL	m3	2,592.84	7.68	19,913.01
01.02	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE	m2	17,450.46	52.34	913,357.08
01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=1 km	m3	2,592.84	15.89	41,200.23
02	PAVIMENTO				1,438,967.88
02.01	SUB-BASE GRANULAR	m3	1,745.05	50.47	88,072.67
02.02	BASE GRANULAR	m3	1,745.05	53.45	93,272.92
02.03	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	17,450.46	8.61	150,248.46
02.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 4"	m2	1,745.05	634.58	1,107,373.83
	Costo Directo				2,413,438.20
SON : DOS MILLONES CUATROCIENTOS TRECE MIL CUATROCIENTOS TRENTIOCHO Y 20/100 NUEVOS SOLES					

Nota: Elaboración Propia (Programa S10).

b) Método del Instituto del Asfalto

En la Figura 25, se ve el presupuesto del pavimento por el método Instituto del Asfalto.

Figura 25.

Presupuesto del pavimento flexible con el método instituto del asfalto

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				974,470.32
01.01	CORTE DE TERRENO NATURAL	m3	2,592.84	7.68	19,913.01
01.02	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE	m2	17,450.46	52.34	913,357.08
01.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=1 km	m3	2,592.84	15.89	41,200.23
02	PAVIMENTO				1,529,640.17
02.01	SUB-BASE GRANULAR	m3	2,617.57	50.47	132,108.76
02.02	BASE GRANULAR	m3	2,617.57	53.45	139,909.12
02.03	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	17,450.46	8.61	150,248.46
02.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 4"	m2	1,745.05	634.58	1,107,373.83
	Costo Directo				2,504,110.49
SON : DOS MILLONES QUINIENTOS CUATRO MIL CIENTO DIEZ Y 49/100 NUEVOS SOLES					

Nota: Elaboración Propia (Programa S10).

c) Resumen del Presupuesto

Tabla 40.

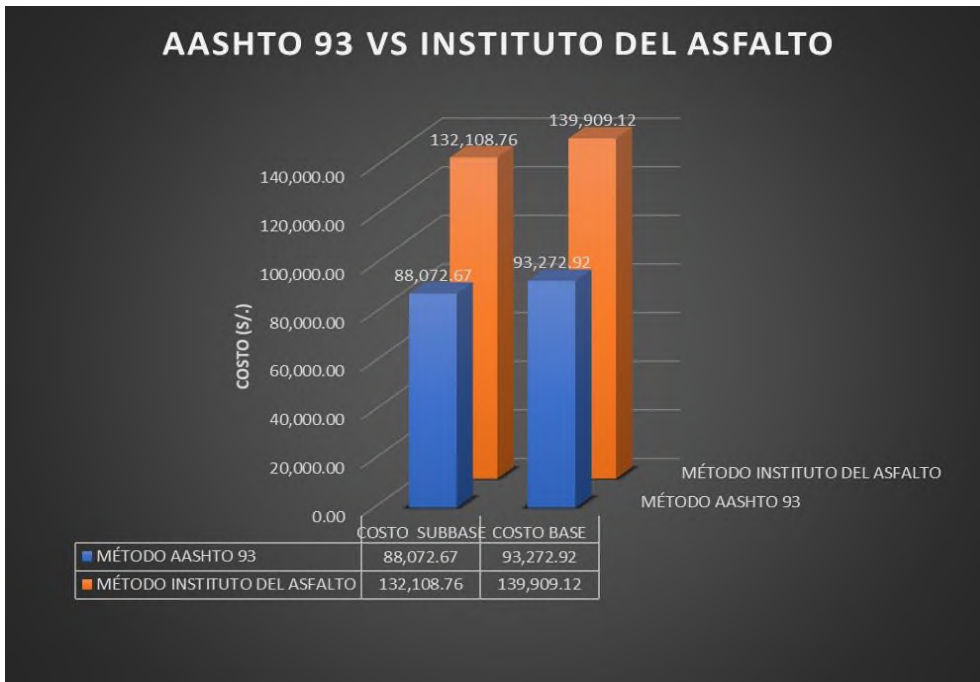
Resumen del presupuesto de ambos métodos de diseño

DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	COSTO S/.
MÉTODO AASHTO 93	2,413,438.20
MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO	2,504,110.49

Nota: Elaboración Propia.

Figura 26.

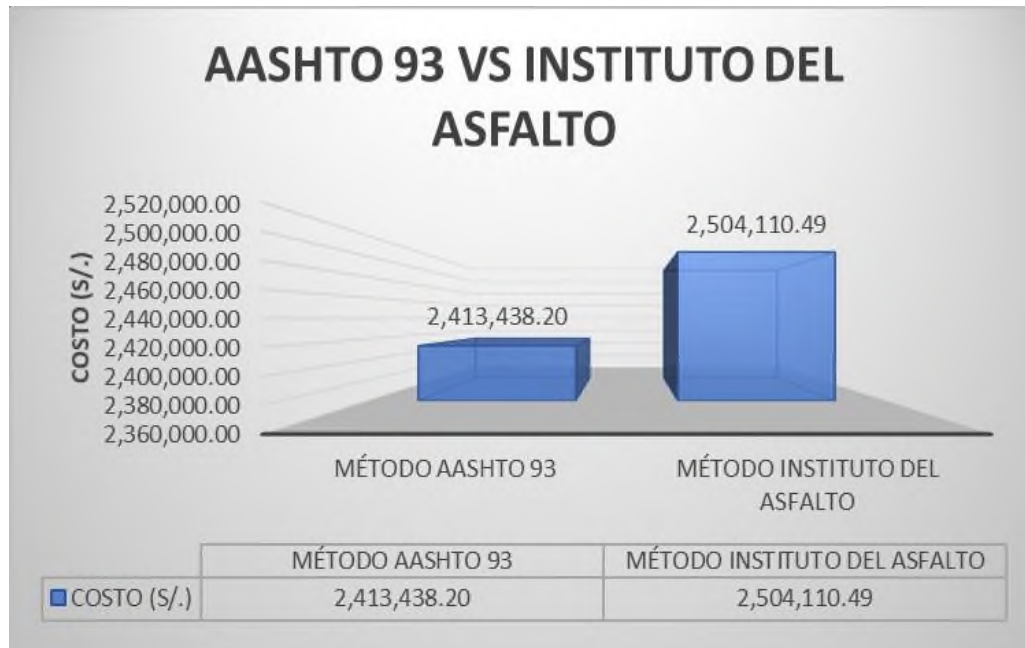
Gráfico comparativo de costos de las capas base y subbase entre el método AASHTO 93 y el Instituto del Asfalto



Nota: Elaboración Propia.

Figura 27.

Gráfico comparativo de costos para el diseño de pavimento flexible entre el método AASHTO 93 y el Instituto del Asfalto



Nota: Elaboración Propia

ANÁLISIS:

- ✓ En la partida Subbase granular, con el método Instituto del Asfalto se obtuvo un precio total de S/. 132,108.76, siendo mayor que lo obtenido con el método AASHTO 93, que fue de S/. 88,072.67; así también, en la partida Base granular, con el método Instituto del Asfalto se obtuvo un precio total de S/. 139,909.12, siendo mayor que lo obtenido con el método AASHTO 93, que fue de S/. 93,272.92; todo esto se debe a la diferencia de espesores de dichas capas.
- ✓ El costo total de la construcción del pavimento flexible diseñado con el método Instituto del Asfalto es de S/. 2,504,110.49, lo cual es mayor al costo diseñado por el método AASHTO 93, que fue de S/. 2,413,438.20, por una diferencia de S/.90,672.29 (3.76% más elevado).

4.1.4.3. Elección de la Mejor Alternativa

- ✓ Con respecto al análisis técnico, se puede determinar que el método que utiliza y presenta una mejor metodología de diseño y aplica mayores parámetros a considerar es el AASHTO 93, el cual presentó menores espesores en las capas de subbase y base granular, y considerando que el CBR de la subrasante resultó ser bueno no es necesario un mejoramiento, y al cumplir todos los requerimientos y tener menores espesores resulta más factible para llevar a cabo su construcción.
- ✓ Con respecto al análisis económico, el método del Instituto del Asfalto resultó más costoso que por el método AASHTO 93, debido a que tiene mayor espesor en sus capas de base y subbase granular, por lo que resulta más económico el AASHTO 93.
- ✓ Por lo mencionado, a nivel técnico y económico, se logró determinar que la mejor alternativa de diseño es por el método AASHTO 93.

4.2. Discusiones

- **(Salamanca y Zuluaga,2014)** en su trabajo de tesis titulado “Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye - Santa Lucía Barranca Lebrija entre las abscisas K19+250 A K25+750 ubicada en el departamento del Cesar”, en el método AASHTO 93, optaron por aplicar el método general iniciando con valores de espesores de capas definidos por ellos mismo y comprobando el cumplimiento del número estructural requerido y efectivo, lo cual solo verifica que las capas están en la capacidad de soportar el tráfico, pero al realizar el método de verificación por capas, el cual identifica si los espesores protegen adecuadamente las capas subyacentes del pavimento, resultó que no cumplía, por lo que fue necesario aumentar el espesor de la carpeta asfáltica; en comparación a la presente tesis, al realizar el método de protección por capas el espesor de carpeta asfáltica obtenido cumplió con la verificación y con el espesor mínimo de acuerdo al tráfico, pero en el caso de la sub base y base no cumplió y se tuvo que aumentar los espesores a los mínimos establecidos. Además, el método que resultó óptimo para la tesis mencionada fue del Instituto del Asfalto, el cual está en capacidad de soportar las solicitaciones generadas por el tráfico esperado de 5.1×10^5 EE, bajo características de suelos de tipo limo-arcillosos y areno-limosos para un periodo de diseño de 10 años; en cambio, en nuestras tesis resultó ser el método más óptimo el del AASHTO 93, el cual es capaz de resistir las cargas de tráfico de 4.96×10^5 EE, en suelo arenoso mal graduado para un periodo de diseño de 20 años. En resumen, se obtuvieron resultados distintos con respecto a la elección del mejor método de diseño, a pesar de su similitud en el número de ejes equivalentes, se realizaron en condiciones de clima, tipo de suelo y periodo de diseños distintos, llegando a

concluir que existe susceptibilidad en los resultados al usar los métodos en condiciones distintas.

- **(Castillo y Dolores, 2020)** en su trabajo de tesis titulado “Análisis comparativo con los métodos Instituto del Asfalto y Mecánico-Empírico CR-ME 2014 para el diseño de pavimento flexible en el A.H. Los Jardines-Nuevo Chimbote”, los resultados obtenidos en esta tesis con el método del Instituto del Asfalto, se asemejan a los obtenidos en la presente investigación, referente a los espesores de las capas de la estructura del pavimento, teniendo solo una variación en la carpeta asfáltica de +2.5”, lo cual puede deberse a que el valor de número de ejes equivalentes, de la tesis mencionada, fue de 1,892,166 y de la presente investigación fue 558,189.536, valores distantes que permiten concluir que mientras mayor EAL exista, aumenta el espesor de la carpeta asfáltica. Además, existe una diferencia con respecto al cálculo del módulo de resiliencia de la subrasante donde aplicaron la ecuación de correlación de la AASHTO, en cambio en nuestra tesis se aplicó la ecuación según lo indicado en el manual del Instituto del Asfalto. También, cabe recalcar que hay mucha similitud con respecto al tipo de suelo de la subrasante ya que en ambas tesis resultó un suelo bueno del tipo arena mal graduada SP, sin plasticidad, y los valores de CBR fueron muy cercanos, siendo de 14.83% el de ellos y 13% el de la presente tesis, pudiendo afirmar que la similitud pudo darse, debido a que están en la misma zona.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se determinó que el diseño de la estructura del pavimento flexible para el A.H. Brisas del Mar, por el método AASHTO 93, es el más óptimo tanto técnica como económicamente, por lo que la hipótesis planteada es aceptada.
- Se determinaron los parámetros de diseño, siendo para ambos métodos el periodo de diseño de 20 años, el tráfico para el método AASHTO 93 resultó con un ESAL de 495,914.949 y para el método del Instituto del Asfalto un EAL de 558,189.536, el módulo resiliente de la subrasante para el primero fue de 13,192.122 psi y para el otro fue de 19,500 psi. Además, para el método AASHTO 93, se consideraron otros parámetros como el coeficiente de drenaje para la base y subbase que fue de 1.00, el módulo resiliente de la base fue de 29,500 psi y de la subbase 17,200 psi, y el número estructural requerido fue de 2.28. Así también para el método del Instituto del Asfalto, se consideró una temperatura media anual del aire de 20.4°C y un tipo de base de agregados no tratados.
- Se determinó que la estructura del pavimento flexible con el método Instituto del Asfalto tendrá un espesor total de 14 pulgadas, conformada por una carpeta asfáltica de 4 pulgadas, una capa de base granular de 6 pulgadas y una capa de subbase granular de 6 pulgadas.
- Se determinó que la estructura del pavimento flexible con el método AASHTO 93 tendrá un espesor total de 12 pulgadas, conformada por una carpeta asfáltica de 4 pulgadas, una capa de base granular de 4 pulgadas y una capa de subbase granular de 4 pulgadas.

- Al realizar el análisis comparativo técnico y económico entre ambos métodos, se concluye que el más óptimo es del AASHTO 93, ya que al tener menor espesor en las capas de base y subbase granular y cumpliendo con todos los requerimientos técnicos, resulta más factible y genera menos gasto al momento de construir el pavimento flexible en el A.H. Brisas del Mar.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda a futuros tesisistas realizar investigaciones similares empleando los mismos métodos de diseño, pero en otras zonas con características distintas, con la finalidad de lograr mejores criterios y evitar el deterioro anticipado de los pavimentos.
- Se recomienda a futuros investigadores realizar el método de diseño AASHTO 93 comparándolo con otra metodología, con el fin de comparar resultados respecto al óptimo diseño de una estructura de pavimento.
- Se recomienda a las autoridades municipales tomar como referencia el presente estudio para un futuro proyecto de pavimento en la zona A.H. Brisas del Mar, pues ofrece EMS, diseño de pavimento, planos topográficos y estudio de tráfico, con lo cual pueden iniciar su proyecto.
- Se recomienda a las autoridades de las universidades, continuar implementando equipos e instrumentos, para seguir facilitando a las próximas investigaciones, con el fin de obtener resultados óptimos.
- Para realizar un correcto diseño de pavimento, se recomienda a los investigadores llevar a cabo el estudio de mecánica de suelos, el estudio de tráfico real y considerar los efectos medios ambientales.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASHTO. (1993). *Guía AASHTO para el Diseño de Estructuras de Pavimento*. Washington DC: American Association of State Highway and Transportation Officials.

Castillo Nima, J. D., & Dolores Valverde, D. A. (202). *Análisis comparativo con los métodos Instituto del Asfalto y Mecánico-Empírico CR-ME 2014 para el diseño de pavimento flexible en el A.H. Los Jardines-Nuevo Chimbote*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil, Universidad Nacional del Santa, Nuevo Chimbote.

Cordo, O. V. (2006). *Manual de Diseño de Pavimentos en base al Método AASHTO-93*. La Paz: Instituto Boliviano del Cemento y el Hormigón.

Escobar Bellido, L., & Huincho Ochoa, J. (2017). *Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica – 2017*. Huancavelica.

Fajardo Cachay, L., & Vergaray Huaman, D. (2014). *Efecto de la incorporación por vía seca, del polvo de neumático reciclado, como agregado fino en mezclas asfálticas*. Lima: Universidad San Martín de Porres.

Huang, Y. (2004). *Pavement Analysis and Design*. United States of America: Pearson Prentice Hall.

Instituto del Asfalto, A. I. (1991). *Diseño de Espesores de Pavimentos Asfálticos para Calles y Carreteras - Manual Series N° 1 (MS-1)*. Estados Unidos: Traducción Libre: IDPP-Instituto para el Desarrollo de los Pavimentos en el Perú.

Lozano Paredes, D. A. (2015). *Diseño óptimo de la estructura del pavimento flexible en la HUP Villa Victoria del Distrito de Nuevo Chimbote, mediante el Método del Instituto*

del Asfalto y AASHTO. Nuevo Chimbote: Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras*. Bogotá, D.C.: Agora Editores.

MTC. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima: Servicios Gráficos Squadrito EIRL.

MTC. (2018). *Manual de Carreteras - Diseño Geométrico*. Lima.

Pattillo Bergen, J. (1988). Consideraciones generales sobre diseño de pavimentos asfálticos. *Revista de Ingeniería de Construcción*, 94-110.

Rengifo Gonzales, J., & Vargas Villaca, M. (2017). *Análisis comparativo entre pavimento flexible convencional y pavimento flexible reciclado en las cuadras 1-29 de la avenida La Paz San Miguel-Lima*. Lima: Universidad San Martín de Porres.

Rico, A., & Del Castillo, H. (2005). *La ingeniería de suelos en las vías terrestres Carreteras, Ferrocarriles y Autopistas*. D.F. México: Limusa.

Salamanca Niño, M., & Zuluaga Bautista, S. (2014). *Diseño de la estructura de pavimento flexible por medio de los métodos INVIAS, AASHTO 93 e Instituto del Asfalto para la vía La Ye - Santa Lucía Barranca Lebrija entre los abscisas K19+250 A K25+750 ubicada en el departamento del Cesar*. Universidad Católica de Colombia.

Saldaña Marulanda, D. (2013). *Estudio comparativo de la sensibilidad de la metodología de diseño estructural de pavimentos flexibles: método AASHTO 93 y ME-PDG V 1.1*. Santiago de Chile.

Sanchez Vasquez, O. (2019). *Diseño de pavimento empleando el método AASHTO 93 para el mejoramiento de la carretera Ayacucho–Abancay. Tramo: Ayacucho Km 0+000 – km 50+000*. Lima.

Vivar Romero, G. (1995). *Diseño y Construcción de Pavimentos*. Lima.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

CAPÍTULO VII: ANEXOS

Anexo 1. Estudio de Tráfico

A. Conteo Vehicular

**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA VIA		J.R. ATAHUALPA INTERS. CALLE MAZATLAN		PC-1																	
SENTIDO		E ← S		JUEVES																	
UBICACION		A.H. BRISAS DEL MAR - NUEVO CHIMBOTE		14 JULIO 2022																	
DIA		4		FECHA																	
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	PANEL	RURAL Combi	MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
DIAGRA. VER								2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
00-01	E	3					2														
	S	3	1				1														
01-02	E	4					2														
	S	4					3														
02-03	E	2																			
	S	1																			
03-04	E	1																			
	S	2																			
04-05	E	4																			
	S	3	1																		
05-06	E	5																			
	S	5	1																		
06-07	E	1																			
	S	1																			
07-08	E	13																			
	S	18	1																		
08-09	E	12																			
	S	14	1																		
09-10	E	18																			
	S	19																			
10-11	E	14																			
	S	17	1																		
11-12	E	14																			
	S	9																			
12-13	E	26																			
	S	21	1																		
13-14	E	17																			
	S	15	1																		
14-15	E	16																			
	S	18	1																		
15-16	E	19																			
	S	21	1																		
16-17	E	17																			
	S	15	2																		
17-18	E	19																			
	S	25																			
18-19	E	19																			
	S	17	1																		
19-20	E	15																			
	S	8																			
20-21	E	10																			
	S	7																			
21-22	E	6																			
	S	5																			
22-23	E	6																			
	S	4																			
23-24	E	4																			
	S	4																			
PARCIAL:		520	19	38	11	29	229	0	0	16	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	

TRAMO DE LA CARRETERA		E		S															
SENTIDO		E		S															
UBICACION		A.H. BRISAS DEL MAR - NUEVO CHIMBOTE																	
DIA	2																		
ESTACION		MARTES																	
CODIGO DE LA ESTACION																			
DIA Y FECHA		12 JULIO 2022																	
HORA	SENI DO	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	CAMIONETAS RUPAL Combi	MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER				
DIAGRA. VEH.							2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3
00-01	E	1																	
	S	2				1			1										
01-02	E	1																	
	S	2																	
02-03	E	1																	
	S																		
03-04	E	1																	
	S																		
04-05	E	1																	
	S	1																	
05-06	E	2	1																
	S	1	1																
06-07	E	3		1	1														
	S	2																	
07-08	E	12		1	1	1													
	S	11	1																
08-09	E	9	1	3	1	1													
	S	13	2	2	1	1													
09-10	E	15		1	1	2													
	S	14		1	1	1													
10-11	E	12	1	1	1	1													
	S	13	2	2	2	7													
11-12	E	16	2	3	1	1													
	S	13	2	1	1	5													
12-13	E	15	1	2	1	1													
	S	16	1	1	1	4													
13-14	E	15	1	1	1	2													
	S	12	1	1	1	5													
14-15	E	12	1			3													
	S	15		1		3													
15-16	E	16		1	1	2													
	S	14	1	1	1	3													
16-17	E	16	1	2	2	11													
	S	17	1	1	1	9									1				
17-18	E	25	2	3	2	8													
	S	24	1	1	1	10													
18-19	E	17	1	1	1	4													
	S	18	1	2	1	9													
19-20	E	11		1	1	4													
	S	12		1	1	3													
20-21	E	7		1	1	4													
	S	8				2													
21-22	E	4		1		1													
	S	4				2													
22-23	E	4				1													
	S	5																	
23-24	E	4																	
	S	3																	
PARCIAL:		440	19	36	17	30	177	0	12	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA		JIRON PACHITEA		ESTACION																
SENTIDO		E ← S		CODIGO DE LA ESTACION																
UBICACION		A.H. BRISAS DEL MAR - NUEVO CHIMBOTE		DIA Y FECHA																
DIA		3		MERCOCLES																
				13																
				JULIO																
				2022																
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	CAMIONETAS	MICRO	BUS		CAMION				SEMI TRAYLER			TRAYLER				
DIAGRA. VEH.					PANEL	RURAL Combi	2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
00-01	E				1	1	1													
01-02	S	2				1														
02-03	E																			
03-04	S																			
04-05	E																			
05-06	S																			
06-07	E	3																		
07-08	S	4																		
08-09	E	2																		
09-10	S	16																		
10-11	E	17	2																	
11-12	S	13	1																	
12-13	E	20	1																	
13-14	S	19	1																	
14-15	E	15	1																	
15-16	S	14	1																	
16-17	E	12	1																	
17-18	S	14	1																	
18-19	E	17	1																	
19-20	S	16	1																	
20-21	E	27																		
21-22	S	24																		
22-23	E	16																		
23-24	S	18																		
PARCIAL:		451	13	30	11	26	175	0	9	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

TRAMO DE LA CARRETERA		JIRON PACHITEA	
SENTIDO		E ← → S	
UBICACION		A.H. BRISAS DEL MAR - NUEVO CHIMBOTE	
DIA		4	
ESTACION		JUEVES	
CODIGO DE LA ESTACION		14	
DIA Y FECHA		JULIO 2022	

HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	CAMIONETAS		MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER			TRAYLER			
					PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2
00-01	E					1													
01-02	S		1																
02-03	E																		
03-04	S																		
04-05	E		1																
05-06	E		2			1													
05-06	S		3			1													
06-07	E		1			2													
06-07	S		1			2													
07-08	E		13		1														
07-08	S		12				6												
08-09	E		12		2	1	1	8											
08-09	S		14		1	1	7												
09-10	E		18		1	1	10												
09-10	S		19				8												
10-11	E		14		2	2	9												
10-11	S		17		2	2	7												
11-12	E		14		2	1	9												
11-12	S		9		1	1	7												
12-13	E		13		2	1	2	7											
12-13	S		10		1	1	2	9											
13-14	E		17		1	1	2	7											
13-14	S		13		1	1	6												
14-15	E		16		1														
14-15	S		14		1	1	4												
15-16	E		16		2	2	4												
15-16	S		18		1	1	3												
16-17	E		17		2	2	2	9											
16-17	S		15		1	1	11												
17-18	E		19		2		8												
17-18	S		25				10												
18-19	E		19		3	1	3												
18-19	S		17		1	1	8												
19-20	E		10		2	1	2												
19-20	S		8		1	2	1												
20-21	E		10		1	1	1												
20-21	S		7				2												
21-22	E		6																
21-22	S		5																
22-23	E		6				1												
22-23	S		4																
23-24	E		4																
23-24	S		4																
PARCIAL:			447	17	33	10	26	182	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	1

**FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO**

TRAMO DE LA CARRETERA		JIRON PACHITEA		E		S															
SENTIDO		A. H. BRISAS DEL MAR - NUEVO CHIMBOTE																			
UBICACIÓN																					
DIA		6		16		JULIO 2022															
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	CAMIONETAS PANEL	RURAL Combi	MICRO	BUS 2 E	BUS >=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
00-01	E	1		1			2			1											
00-01	S	2		1			1														
01-02	E																				
01-02	S																				
02-03	E																				
02-03	S																				
03-04	E																				
03-04	S																				
04-05	E																				
04-05	S	1																			
05-06	E	3					1														
05-06	S	4																			
06-07	E	1								1											
06-07	S																				
07-08	E	8		1			7														
07-08	S	17		1			6														
08-09	E	13	1	1			5			1											
08-09	S	12		1			5														
09-10	E	15		2			6			1											
09-10	S	16		2			7			2											
10-11	E	14	1	2			8														
10-11	S	13		1			7														
11-12	E	16		2			9														
11-12	S	8		1			8			1											
12-13	E	17	1	2			8														
12-13	S	15		1			7														
13-14	E	13	1	1			8														
13-14	S	14		1			7			1											
14-15	E	15		1			5														
14-15	S	14		1			6														
15-16	E	18		1			4														
15-16	S	20	1	1			3														
16-17	E	21	2	2			8			1											
16-17	S	19		1			9			2											
17-18	E	30		2			8														
17-18	S	23					6			1											
18-19	E	19		2			4														
18-19	S	21		1			5														
19-20	E	12	1	2			3														
19-20	S	11		1			2														
20-21	E	8		1			1														
20-21	S	7					2														
21-22	E	6		6			2														
21-22	S	7		7			1														
22-23	E	5					1														
22-23	S	4																			
23-24	E	2																			
23-24	S	3																			
PARCIAL:		468	9	32	14	26	173			12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRAFICO








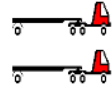



TRAMO DE LA CARRETERA		E		S														
SENTIDO		E		S														
UBICACION		A.H. BRISAS DEL MAR - NUEVO CHIMBOTE																
DIA		DOMINGO		17 JULIO 2022														
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	PICK UP	CAMIONETAS PANEL	RURAL Combi	MICRO	BUS	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	SEMI TRAYLER 2S3	3S1/3S2	3T2	3T3	3T2	>=3T3
DIAGRA. VEH.																		
00-01	E	2				1												
01-02	S	3				1												
02-03	E																	
03-04	S																	
04-05	E	3																
05-06	S	2																
06-07	E	1					1											
07-08	S	1					1											
08-09	E	13					6											
09-10	S	12					7											
10-11	E	8	1	1	2	1	7											
11-12	S	12	1	2	1	5	5											
12-13	E	15				1	9											
13-14	S	14				1	7											
14-15	E	12	2	1	2	2	6											
15-16	S	10	2	2	2	2	6											
16-17	E	15	1	1	1	1	9											
17-18	S	6				1	7											
18-19	E	17	1	1	1	3	6											
19-20	S	18	1	1	1	2	7											
20-21	E	13	1	1	1	2	5											
21-22	S	14				1	7											
22-23	E	12	1	1	1	1	4											
23-24	S	11				1	4											
PARCIAL:	S	416	11	19	12	29	170	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

B. Cálculo del IMDA

Figura 28.

Cálculo del IMDA para el tráfico

VEHICULOS			PROMEDIO TOTAL	IMDA veh/día
AUTO			3117	445
STATION WAGON			96	14
CAMIONETAS	PICK UP		210	30
	PANEL		87	12
	RURAL Combi		194	28
MICRO			1223	175
CAMION	2 E		70	10
SEMI TRAYLER	3S1/3S2		6	1
TRAYLER	2T3		4	1
TOTAL			5007	715

$$\text{IMDA} = 715 \text{ veh/día}$$

Anexo 2. Certificados de Ensayos de Laboratorio

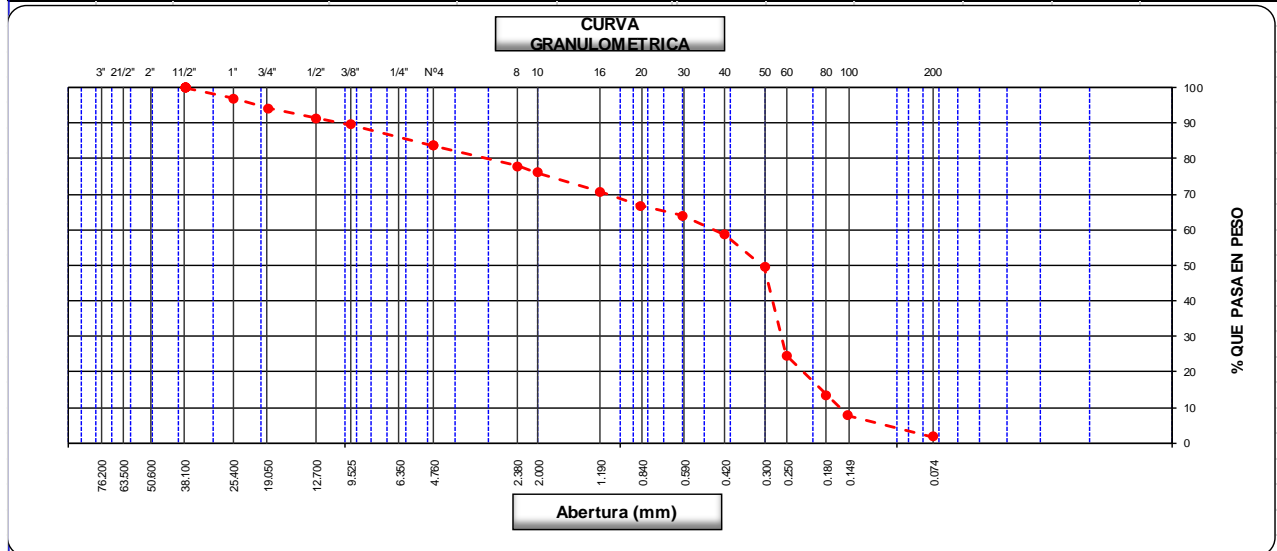
		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS											
REGISTRO DE EXCAVACION PERFIL ESTRATIGRAFICO													
Tesis : COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022													
Calicata: C-01		Profundidad : 0.00-0.60			Jefe de Laboratorio : Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz								
Muestra : M-01		Lado : EJE			Tesisistas : Mori Dara, Vergara Rocio								
Coordenadas: 774631, 8987112		Fecha de Ensayo: 01/09/2022											
Prof. (m.)	Estrato		Simbolo Grafico	Descripcion Visual del Suelo	Clasificacion		Granulometria				Constantes Fisicas		
	Capa	Espesor (m)			AASHTO	Sucs.	>3"	3" - Nº4	Nº4 - Nº 200	< Nº 200	L.L.	L.P	IP
0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 0.30 0.35 0.40 0.45 0.50 0.55 0.60	--	0.60		Material existente poco grava, no presenta plasticidad, color gris claro, humedad baja, estado suelto.	A-3 (0)	SP	0	16.26	81.9	1.8	NP	NP	NP
PANEL FOTOGRAFICO													
29 ago. 2022 5:30:39 p. m. Nuevo Chimbote ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS : C-01						29 ago. 2022 10:00:25 246° SW ESTUDIO DE MACÁNICA DE SUELOS : C-01							
OBSERVACIONES :													


	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS
	FORMATO
	ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
	(MTC E-107 / ASTM D-6913)

Tesis : **COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022**

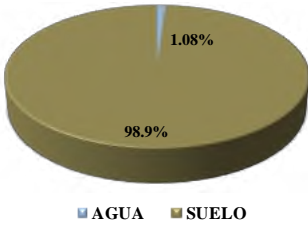
Calicata: C-01	Profundidad: 0.00-0.60	Jefe de Laboratorio: Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz
Muestra: M-01	Lado: EJE	
Coordenadas: 774631, 8987112	Fecha de Ensayo: 01/09/2022	Tesistas: Mori Dara, Vergara Rocio

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Descripcion
5"	127.000					0
4"	101.600					Peso Inicial Total (gr.)
3"	75.000					2,936.0
2 1/2"	60.300					Peso Fraccion (gr.)
2"	50.800					2,936.0
1 1/2"	37.500					2. Caracteristicas
1"	25.400	86.0	2.9	2.9	97.1	Tamaño Maximo
3/4"	19.000	82.9	2.8	5.8	94.3	Tamaño Maximo Nominal
1/2"	12.700	83.5	2.8	8.6	91.4	Grava (%)
3/8"	9.520	52.4	1.8	10.4	89.6	Arena (%)
1/4"	6.350					Finos (%)
Nº 4	4.750	173.0	5.9	16.3	83.7	Modulo de Fineza (%)
Nº 8	2.360	171.2	5.8	22.1	77.9	3. Clasificacion
Nº 10	2.000	53.6	1.8	23.9	76.1	Limite Liquido (%)
Nº 16	1.190	156.9	5.3	29.3	70.8	Limite Plastico (%)
Nº 20	0.850	114.6	3.9	33.2	66.9	Indice de Plasticidad (%)
Nº 30	0.600	85.7	2.9	36.1	63.9	Clasificacion SUCS
Nº 40	0.420	156.9	5.3	41.4	58.6	Clasificacion AASHTO
Nº 50	0.300	268.8	9.2	50.6	49.4	
Nº 60	0.250	730.0	24.9	75.4	24.6	
Nº 80	0.180	323.2	11.0	86.4	13.6	
Nº 100	0.150	170.0	5.8	92.2	7.8	5. Observaciones (Fuente de Normalizacion)
Nº 200	0.074	175.0	6.0	98.2	1.8	Manual de carreteras "Especificaciones Tecnicas
Pasante		52.46	1.5	99.7		Generales para Construccion" (EG-2013)




	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS			
	FORMATO CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108 / ASTM D-2216)			
Tesis : COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022				
Calicata: <i>C-01</i> Muestra : <i>M-01</i> Progresiva: <i>774631, 8987112</i>	Profundidad : 0.00-0.60 Lado : EJE Fecha de ensayo : 01/09/2022	Ing. Responsable : Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz Tesistas : Mori Dara, Vergara Rocio		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA INTEGRAL				
DATOS DE ENSAYO				
MUESTRA	1	1	2	
Nº TARRO	-	-	-	-
TARRO + SUELO HUMEDO	644.9	518.9	572.96	
TARRO + SUELO SECO	638.8	513.51	568.54	
PESO DEL AGUA	6.1	5.4	4.4	
PESO DEL TARRO	80.85	81.03	80.57	
PESO DEL SUELO SECO	557.95	432.48	487.97	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	1.09%	1.25%	0.91%	1.08%

SUELO VS AGUA (%)



■ AGUA ■ SUELO

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS				
	FORMATO				
	LIMITES DE CONSISTENCIA				
	(MTC E-110,111 / ASTM D-4318)				
Tesis :	<i>COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022</i>				
Calicata:	C-01	Profundidad :	0.00-0.60	Jefe de Laboratorio :	<i>Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz</i>
Material :	M-01	P. de Muestreo :	EJE	Tesistas :	<i>Mori Dara, Vergara Rocio</i>
Coordenadas:	774631, 8987112	Fecha de Ensayo:	01/09/2022		
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO					
N° de Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	0.00	0.00	0.00	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	0.00	0.00	0.00	
Peso de Tarro	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso del Suelo Seco	gr.	0.00	0.00	0.00	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	NP	NP	NP	NP
Numero de Golpes		0	0	0	
DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD					
N° de Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.				
Peso de Tarro	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso de Suelo seco	gr.				Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	NP	NP		NP
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES					
20.0					
19.5					
19.0					
18.5					
18.0					
17.5					
17.0					
16.5					
16.0					
15.5					
15.0					
10					100
Constantes Fisicas de la Muestra					
Limite Liquido		NP			
Limite Plastico		NP			
Indice de Plasticidad		NP			
Observaciones					
<i>Pasante Tamiz N° 40</i>					
.....					
.....					
.....					

Prof. (m.)		Estrato		Simbolo Grafico	Descripcion Visual del Suelo	Clasificacion		Granulometria				Constantes Fisicas						
		Capa	Es pes or (m)			AASHTO	Sucs.	>3"	3" - Nº4	Nº4 - Nº 200	< Nº 200	L.L.	L.P	IP				
0.60																		
0.65																		
0.70																		
0.75																		
0.80																		
0.85																		
0.90																		
0.95																		
1.00			0.90		Material existente , arena con bajo contenido de limo, no presenta plasticidad, color dorado claro, humedad baja, estado suelto.	A-3 (0)	SP-SM	0	0	91.5	8.5	NP	NP	NP				
1.05																		
1.10																		
1.15																		
1.20																		
1.25																		
1.30																		
1.35																		
1.40																		
1.45																		
1.50																		

PANEL FOTOGRAFICO

29 ago. 2022 5:30:39 p. m.
Nuevo Chimbote
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS : C-01

29 ago. 2022 10:00:25
246° SW
ESTUDIO DE MACÁNICA DE SUELOS : C_01


OBSERVACIONES :

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA CHIMBOTE - PERU		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS					
FORMATO							
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-6913)							
Tesis :		COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022					
Calicata:	C-01	Profundidad :	0.60-1.50		Jefe de Laboratorio :	Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz	
Muestra :	M-02	Lado :	EJE		Tesistas :	Mori Dara, Vergara Rocio	
Coordenadas:	774631, 8987112	Fecha de Ensayo:	#####				
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Descripcion	
5"	127.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0	
4"	101.600	0.0	0.0	0.0	0.0		Peso Inicial Total (gr.)
3"	73.000	0.0	0.0	0.0	0.0	816.7	Peso Fraccion (gr.)
2 1/2"	60.300	0.0	0.0	0.0	0.0	747.4	Peso Lavado (gr.)
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	0.0		
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	0.0		2. Características
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	0.0		Tamaño Máximo
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	0.0		Grava (%)
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	0.0	91.5	Arena (%)
3/8"	9.520	0.0	0.0	0.0	0.0	8.5	Finos (%)
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	0.0		Modulo de Fineza (%)
Nº 4	4.750	0.0	0.0	0.0	100.0		
Nº 8	2.360	0.0	0.0	0.0	100.0		3. Clasificación
Nº 10	2.000	0.0	0.0	0.0	100.0		Limite Liquido (%)
Nº 16	1.190	5.1	0.6	0.6	99.4	NP	Limite Plastico (%)
Nº 20	0.850	6.9	0.9	1.5	98.5	NP	Indice de Plasticidad (%)
Nº 30	0.600	13.3	1.6	3.1	96.9	NP	Clasificación SUCS
Nº 40	0.420	20.8	2.5	5.7	94.4	SP-SM	Clasificación AASHTO
Nº 50	0.300	59.1	7.2	12.9	87.1	A-3 (0)	
Nº 60	0.250	121.1	14.8	27.7	72.3		
Nº 80	0.180	212.9	26.1	53.8	46.2		
Nº 100	0.150	186.4	22.8	76.6	23.4		5. Observaciones (Fuente de Normalización)
Nº 200	0.074	121.8	14.9	91.5	8.5		Manual de carreteras "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" (EG-2013)
Pasante		69.33	8.5	100.0			

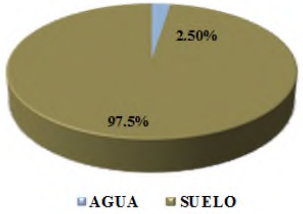
CURVA GRANULOMETRICA

Abertura (mm)

% QUE PASA EN PESO

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS			
	FORMATO CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108 / ASTM D-2216)			
Tesis : COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022				
Calicata: C-01	Profundidad : 0.60-1.50	Ing. Responsable : Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz		
Muestra : M-02	Lado : EJE	Tesistas : Mori Dara, Vergara Rocio		
Progresiva:	Fecha de ensayo : 05/09/2022			
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA INTEGRAL				
DATOS DE ENSAYO				
MUESTRA	1	1	2	
Nº TARRO	-	-	-	-
TARRO + SUELO HUMEDO	1132.86	816.72	649.31	
TARRO + SUELO SECO	1107.28	797.15	636.84	
PESO DEL AGUA	25.6	19.6	12.5	
PESO DEL TARRO	84.85	83.32	84.37	
PESO DEL SUELO SECO	1022.43	713.83	552.47	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	2.50%	2.74%	2.26%	2.50%

SUELO VS AGUA (%)



■ AGUA ■ SUELO

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS																																																																																																																																																				
	FORMATO																																																																																																																																																				
	LIMITES DE CONSISTENCIA																																																																																																																																																				
	(MITC E-110,111 / ASTM D-4318)																																																																																																																																																				
Tesis :	COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022																																																																																																																																																				
Calicata:	<i>C-01</i>	Profundidad :	<i>0.60-1.50</i>					Jefe de Laboratorio :	<i>Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz</i>																																																																																																																																												
Material :	<i>M-02</i>	P. de Muestreo :	<i>EJE</i>																																																																																																																																																		
Coordenadas:	<i>774631, 8987112</i>	Fecha de Ensayo:	<i>05/09/2022</i>					Tesistas :	<i>Mori Dara, Vergara Rocio</i>																																																																																																																																												
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO																																																																																																																																																					
Nº de Tarro																																																																																																																																																					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																	
Peso de Tarro	gr.																																																																																																																																																				
Peso de Agua	gr.																																																																																																																																																				
Peso del Suelo Seco	gr.	0.00	0.00	0.00					Limite Liquido																																																																																																																																												
Contenido de Humedad	%	NP	NP	NP					NP																																																																																																																																												
Numero de Golpes		0	0	0																																																																																																																																																	
DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD																																																																																																																																																					
Nº de Tarro																																																																																																																																																					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.																																																																																																																																																				
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.																																																																																																																																																				
Peso de Tarro	gr.																																																																																																																																																				
Peso de Agua	gr.																																																																																																																																																				
Peso de Suelo seco	gr.								Limite Plastico																																																																																																																																												
Contenido de Humedad	%	NP	NP						NP																																																																																																																																												
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES </div>											Constantes Fisicas de la Muestra																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td style="width: 5%;">20.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>19.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>18.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>17.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>16.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>15.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>100</td></tr> </table>											20.0											19.5											19.0											18.5											18.0											17.5											17.0											16.5											16.0											15.5											15.0											10										100	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>Limite Liquido</td><td style="text-align: center;">NP</td></tr> <tr><td>Limite Plastico</td><td style="text-align: center;">NP</td></tr> <tr><td>Indice de Plasticidad</td><td style="text-align: center;">NP</td></tr> </table>	Limite Liquido	NP	Limite Plastico	NP	Indice de Plasticidad	NP
											20.0																																																																																																																																										
											19.5																																																																																																																																										
19.0																																																																																																																																																					
18.5																																																																																																																																																					
18.0																																																																																																																																																					
17.5																																																																																																																																																					
17.0																																																																																																																																																					
16.5																																																																																																																																																					
16.0																																																																																																																																																					
15.5																																																																																																																																																					
15.0																																																																																																																																																					
10										100																																																																																																																																											
Limite Liquido	NP																																																																																																																																																				
Limite Plastico	NP																																																																																																																																																				
Indice de Plasticidad	NP																																																																																																																																																				
											Observaciones																																																																																																																																										
											<i>Pasante Tamiz Nº 40</i>																																																																																																																																										

Prof. (m.)	Estrato		Simbolo Grafico	Descripcion Visual del Suelo	Clasificacion		Granulometria				Constantes Fisicas			
	Capa	Espesor (m)			AA SHTO	Sucs.	>3"	3" - Nº4	Nº4 - Nº 200	< Nº 200	L.L.	L.P	IP	
0.00 0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 0.30		0.30		Material de desmonte, con presencia de material orgánico, polietileno										
0.35 0.40 0.45 0.50 0.55 0.60 0.65 0.70 0.75 0.80	--	0.45		Material existente sin grava, no presenta plasticidad, color gris claro, humedad baja, estado suelto.	A-3 (0)	SP	0	0.26	95.9	3.8	NP	NP	NP	

PANEL FOTOGRAFICO

29 ago. 2022 12:44:01 p. m.
Nuevo Chimbote
Santa
Ancash
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - C-02

29 ago. 2022 12:44:08 p. m.
Nuevo Chimbote
Santa
Ancash
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS - C-02

OBSERVACIONES :

	<p>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS</p>
<p>REGISTRO DE EXCAVACION PERFIL ESTRATIGRAFICO</p>	

Tesis : *COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022*

Calicata: C-02	Profundidad : 0.85-1.50	Jefe de Laboratorio : Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz
Muestra : M-02	Lado : EJE	Tesistas : Mori Dara, Vergara Rocio
Coordenadas: 774759, 8987235	Fecha de Ensayo: 01/09/2022	

Prof. (m.)	Estrato		Simbolo Grafico	Descripcion Visual del Suelo	Clasificacion		Granulometria				Constantes Fisicas		
	Capa	Espesor (m)			AASHTO	Sucs.	>3"	3" - Nº4	Nº4 - Nº 200	< Nº 200	L.L.	L.P	IP
0.85		1.50		Material existente sin grava, no presenta plasticidad, color dorado , humedad baja, estado suelto.	A-3 (0)	SP	0	16.26	81.9	1.8	NP	NP	NP

PANEL FOTOGRAFICO




OBSERVACIONES :

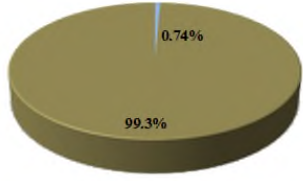
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA CHIMBOTE - PERU		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS				
FORMATO						
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO						
(MTC E-107 / ASTM D-6913)						
Tesis : COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022						
Calicata :	C-02	Profundidad :	0.35-0.80		Jefe de Laboratorio :	Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz
Muestra :	M-01	Lado :	EJE		Tesistas :	Mori Dara, Vergara Rocio
Coordenadas :	774759, 8987235	Fecha de Ensayo :	02/09/2022			
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Descripcion
5"	127.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0
4"	101.600	0.0	0.0	0.0	0.0	Peso Inicial Total (gr.)
3"	73.000	0.0	0.0	0.0	0.0	738.8
2 1/2"	60.300	0.0	0.0	0.0	0.0	Peso Fraccion (gr.)
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	0.0	738.8
1 1/2"	37.500	0.0	0.0	0.0	0.0	2. Caracteristicas
1"	25.400	0.0	0.0	0.0	0.0	Tamaño Maximo
3/4"	19.000	0.0	0.0	0.0	0.0	Tamaño Maximo Nominal
1/2"	12.700	0.0	0.0	0.0	0.0	Grava (%)
3/8"	9.520	0.0	0.0	0.0	100.0	Arena (%)
1/4"	6.350	0.0	0.0	0.0	0.0	Finos (%)
Nº 4	4.750	1.9	0.3	0.3	99.7	Modulo de Fineza (%)
Nº 8	2.360	8.1	1.1	1.4	98.6	3. Clasificacion
Nº 10	2.000	1.9	0.3	1.6	98.4	Limite Liquido (%)
Nº 16	1.190	21.1	2.9	4.5	95.5	Limite Plastico (%)
Nº 20	0.850	47.6	6.4	10.9	89.1	Indice de Plasticidad (%)
Nº 30	0.600	48.9	6.6	17.5	82.5	Clasificacion SUCS
Nº 40	0.420	43.4	5.9	23.4	76.6	Clasificacion AASHTO
Nº 50	0.300	32.9	4.5	27.9	72.2	
Nº 60	0.250	45.5	6.2	34.0	66.0	
Nº 80	0.180	112.5	15.2	49.2	50.8	
Nº 100	0.150	191.2	25.9	75.1	24.9	5. Observaciones (Fuente de Normalizacion)
Nº 200	0.074	155.5	21.0	96.2	3.8	Manual de carreteras "Especificaciones Tecnicas
Pasante		28.50	3.9	100.0		Generales para Construccion" (EG-2013)

CURVA GRANULOMETRICA


The graph plots the percentage of material passing through various sieve sizes. The x-axis represents sieve size in millimeters (mm) on a logarithmic scale, and the y-axis represents the percentage of material passing through that sieve. The curve shows that 100% of the sample passes through a 75mm sieve, and 0% passes through a 0.075mm sieve.

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS			
	FORMATO CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108 / ASTM D-2216)			
Tesis : COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022				
Calicata: C-02	Profundidad : 0.35-0.80	Ing. Responsable : Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz		
Muestra : M01	Lado : EJE	Tesistas : Mori Dara, Vergara Rocio		
Progresiva:	Fecha de ensayo : 02/09/2022			
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA INTEGRAL				
DATOS DE ENSAYO				
MUESTRA	1	1	2	
Nº TARRO	-	-	-	-
TARRO+ SUELO HUMEDO	1417.79	738.8	581.69	
TARRO+ SUELO SECO	1408.3	733.35	578.42	
PESO DEL AGUA	9.5	5.4	3.3	
PESO DEL TARRO	80.85	81.03	80.57	
PESO DEL SUELO SECO	1327.45	652.32	497.85	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	0.71%	0.84%	0.66%	0.74%

SUELO VS AGUA (%)



■ AGUA ■ SUELO

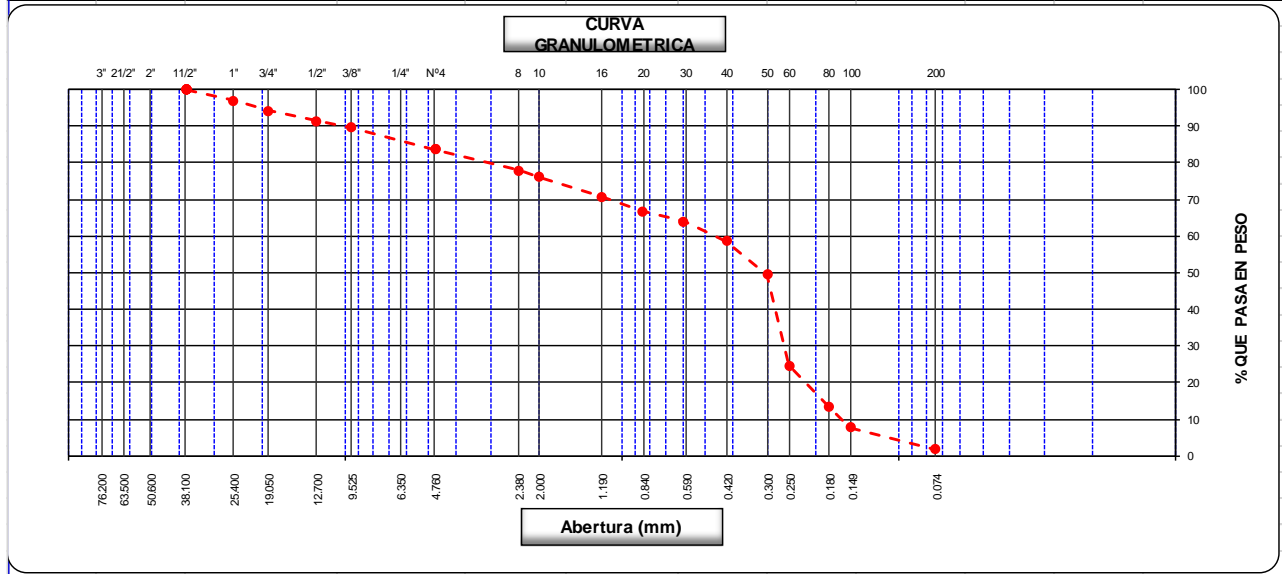
	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS				
	FORMATO				
	LIMITES DE CONSISTENCIA				
	(MTC E-110,111 / ASTM D-4318)				
Tesis :	<i>COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO YAASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022</i>				
Calicata:	<i>C-02</i>	Profundidad :	<i>0.35-0.80</i>	Jefe de Laboratorio :	<i>Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz</i>
Material :	<i>M-01</i>	P. de Muestreo :	<i>EJE</i>	Tesistas :	<i>Mori Dara, Vergara Rocio</i>
Coordenadas:	<i>774759, 8987235</i>	Fecha de Ensayo:	<i>#####</i>		
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO					
N° de Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	0.00	0.00	0.00	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	0.00	0.00	0.00	
Peso de Tarro	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso del Suelo Seco	gr.	0.00	0.00	0.00	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	NP	NP	NP	NP
Numero de Golpes		0	0	0	
DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD					
N° de Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.				
Peso de Tarro	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso de Suelo seco	gr.				Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	NP	NP		NP
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				Constantes Fisicas de la Muestra	
20.0				Limite Liquido	NP
19.5				Limite Plastico	NP
19.0				Indice de Plasticidad	NP
18.5				Observaciones	
18.0				<i>Pasante Tamiz N° 40</i>	
17.5					
17.0					
16.5					
16.0					
15.5					
15.0					
10			100		

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS
	FORMATO
	ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(MTC E-107 / ASTM D-6913)	

Tesis : **COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022**

Calicata: C-02	Profundidad: 0.85-1.50	Jefe de Laboratorio: Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz
Muestra: M-02	Lado: EJE	
Coordenadas: 774759, 8987235	Fecha de Ensayo: 05/09/2022	Tesistas: Mori Dara, Vergara Rocio

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Descripcion
5"	127.000					0
4"	101.600					Peso Inicial Total (gr.) 2,936.0
3"	73.000					Peso Fraccion (gr.) 2,936.0
2 1/2"	60.300					
2"	50.800					2. Caracteristicas
1 1/2"	37.500				100.0	Tamaño Maximo
1"	25.400	86.0	2.9	2.9	97.1	Tamaño Maximo Nominal
3/4"	19.000	82.9	2.8	5.8	94.3	Grava (%) 16.3
1/2"	12.700	83.5	2.8	8.6	91.4	Arena (%) 81.9
3/8"	9.520	52.4	1.8	10.4	89.6	Finos (%) 1.8
1/4"	6.350					Modulo de Fineza (%)
N° 4	4.750	173.0	5.9	16.3	83.7	
N° 8	2.360	171.2	5.8	22.1	77.9	3. Clasificacion
N° 10	2.000	53.6	1.8	23.9	76.1	Limite Liquido (%) NP
N° 16	1.190	156.9	5.3	29.3	70.8	Limite Plastico (%) NP
N° 20	0.850	114.6	3.9	33.2	66.9	Indice de Plasticidad (%) NP
N° 30	0.600	85.7	2.9	36.1	63.9	Clasificacion SUCS SP
N° 40	0.420	156.9	5.3	41.4	58.6	Clasificacion AASHTO A-3 (0)
N° 50	0.300	268.8	9.2	50.6	49.4	
N° 60	0.250	730.0	24.9	75.4	24.6	
N° 80	0.180	323.2	11.0	86.4	13.6	
N° 100	0.150	170.0	5.8	92.2	7.8	5. Observaciones (Fuente de Normalizacion)
N° 200	0.074	175.0	6.0	98.2	1.8	Manual de carreteras "Especificaciones Tecnicas
Pasante		52.46	1.5	99.7		Generales para Construccion" (EG-2013)




	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS			
	FORMATO CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108 / ASTM D-2216)			
Tesis : COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022				
Calicata: C-02 Muestra: M-02 Progresiva: 774759,8987235	Profundidad: 0.85-1.50 Lado: EJE Fecha de ensayo: 05/09/2022	Ing. Responsable: Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz Tesistas: Mori Dara, Vergara Rocio		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA INTEGRAL				
DATOS DE ENSAYO				
MUESTRA	1	1	2	
Nº TARRO	-	-	-	-
TARRO + SUELO HUMEDO	1141.58	518.9	572.96	
TARRO + SUELO SECO	1131.86	513.51	568.54	
PESO DEL AGUA	9.7	5.4	4.4	
PESO DEL TARRO	80.85	81.03	80.57	
PESO DEL SUELO SECO	1051.01	432.48	487.97	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	0.92%	1.25%	0.91%	1.03%


SUELO VS AGUA (%)

■ AGUA ■ SUELO


	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS																																																																																																																																																								
	FORMATO																																																																																																																																																								
	LIMITES DE CONSISTENCIA																																																																																																																																																								
	(MTC E-110,111 / ASTM D-4318)																																																																																																																																																								
Tesis :	<i>COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022</i>																																																																																																																																																								
Calicata:	C-02	Profundidad :	0.85-1.50	Jefe de Laboratorio :	Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz																																																																																																																																																				
Material :	M-02	P. de Muestreo :	EJE	Tesistas :	Mori Dara, Vergara Rocio																																																																																																																																																				
Coordenadas:	774759, 8987235	Fecha de Ensayo:	05/09/2022																																																																																																																																																						
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO																																																																																																																																																									
N° de Tarro																																																																																																																																																									
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																					
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	0.00	0.00	0.00																																																																																																																																																					
Peso de Tarro	gr.																																																																																																																																																								
Peso de Agua	gr.																																																																																																																																																								
Peso del Suelo Seco	gr.	0.00	0.00	0.00	Limite Liquido																																																																																																																																																				
Contenido de Humedad	%	NP	NP	NP	NP																																																																																																																																																				
Numero de Golpes		0	0	0																																																																																																																																																					
DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD																																																																																																																																																									
N° de Tarro																																																																																																																																																									
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.																																																																																																																																																								
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.																																																																																																																																																								
Peso de Tarro	gr.																																																																																																																																																								
Peso de Agua	gr.																																																																																																																																																								
Peso de Suelo seco	gr.				Limite Plastico																																																																																																																																																				
Contenido de Humedad	%	NP	NP		NP																																																																																																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="10" style="background-color: #cccccc;">CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES</th> </tr> <tr> <td style="width: 5%;">20.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>19.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>19.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>18.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>18.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>17.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>17.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>16.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>16.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>15.5</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>15.0</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td> </tr> <tr> <td>10</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td>100</td> </tr> </table>				CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES										20.0										19.5										19.0										18.5										18.0										17.5										17.0										16.5										16.0										15.5										15.0										10									100	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e0e0e0;">Constantes Fisicas de la Muestra</th> </tr> <tr> <td>Limite Liquido</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <td>Limite Plastico</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <td>Indice de Plasticidad</td> <td style="text-align: center;">NP</td> </tr> <tr> <th colspan="2" style="background-color: #e0e0e0;">Observaciones</th> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: center;">Pasante Tamiz N° 40</td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> <tr> <td colspan="2"> </td> </tr> </table>		Constantes Fisicas de la Muestra		Limite Liquido	NP	Limite Plastico	NP	Indice de Plasticidad	NP	Observaciones		Pasante Tamiz N° 40							
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES																																																																																																																																																									
20.0																																																																																																																																																									
19.5																																																																																																																																																									
19.0																																																																																																																																																									
18.5																																																																																																																																																									
18.0																																																																																																																																																									
17.5																																																																																																																																																									
17.0																																																																																																																																																									
16.5																																																																																																																																																									
16.0																																																																																																																																																									
15.5																																																																																																																																																									
15.0																																																																																																																																																									
10									100																																																																																																																																																
Constantes Fisicas de la Muestra																																																																																																																																																									
Limite Liquido	NP																																																																																																																																																								
Limite Plastico	NP																																																																																																																																																								
Indice de Plasticidad	NP																																																																																																																																																								
Observaciones																																																																																																																																																									
Pasante Tamiz N° 40																																																																																																																																																									

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS															
REGISTRO DE EXCAVACION PERFIL ESTRATIGRAFICO																
Tesis : <i>COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022</i>																
Calicata: <i>C-03</i>			Profundidad : <i>0.30-1.50</i>			Jefe de Laboratorio : Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz										
Muestra : <i>M-01</i>			Lado : <i>EJE</i>			Tesistas : <i>Mori Dara, Vergara Rocio</i>										
Coordenadas: <i>00+000.0</i>			Fecha de Ensayo: <i>01/09/2022</i>													
Prof. (m.)	Estrato		Simbolo Grafico	Descripcion Visual del Suelo	Clasificacion		Granulometria				Constantes Fisicas					
	Capa	Espesor (m)			AASHTO	Sucs.	>3"	3" - N°4	N°4 - N° 200	< N° 200	L.L.	L.P	IP			
0.05		0.30		Material de desmonte con presencia de material organico y poliestileno.												
0.10																
0.15																
0.20																
0.25																
0.30																
0.35		1.20	●	Material existente sin grava, no presenta plasticidad, color dorado, humedad baja, estado suelto.	A-3 (0)	SP	0	0	97.7	2.3	NP	NP	NP	NP		
0.40																
0.45																
0.50																
0.55																
0.60																
0.65																
0.70																
0.75																
0.80																
0.85																
0.90																
0.95																
1.00																
1.05																
1.10																
1.15																
1.20																
1.25																
1.30																
1.35																
1.40																
1.45																
1.50																

PANEL FOTOGRAFICO



29 ago. 2022 12:34:08 p. m.
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS : C-03




29 ago. 2022 12:34:11 p. m.
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS : C-03

OBSERVACIONES :

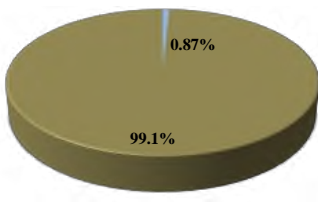
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA CHIMBOTE - PERU		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS					
FORMATO							
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
(MIT E-107 / ASTM D-6913)							
Tesis :		COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022					
Calicata:	C-03	Profundidad :	0.30-1.50			Jefe de Laboratorio :	Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz
Muestra :	M-01	Lado :	EJE			Tesistas :	Mori Dara, Vergara Rocio
Coordenadas :		Fecha de Ensayo:	02/09/2022				
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Descripcion	
5"	127.000						0
4"	101.600					Peso Inicial Total (gr.)	710.4
3"	73.000					Peso Fraccion (gr.)	710.4
2 1/2"	60.300					2. Características	
2"	50.800					Tamaño Maximo	
1 1/2"	37.500					Tamaño Maximo Nominal	
1"	25.400					Grava (%)	
3/4"	19.000					Arena (%)	97.7
1/2"	12.700					Finos (%)	2.3
3/8"	9.520					Modulo de Fineza (%)	
1/4"	6.350						
N° 4	4.750				100.0	3. Clasificación	
N° 8	2.360	0.5	0.1	0.1	99.9	Limite Liquido (%)	NP
N° 10	2.000	0.4	0.1	0.1	99.9	Limite Plastico (%)	NP
N° 16	1.190	7.2	1.0	1.1	98.9	Indice de Plasticidad (%)	NP
N° 20	0.850	84.7	11.9	13.1	87.0	Clasificación SUCS	SP
N° 30	0.600	127.6	18.0	31.0	69.0	Clasificación AASHTO	A-3 (0)
N° 40	0.420	60.0	8.5	39.5	60.5		
N° 50	0.300	44.5	6.3	45.7	54.3		
N° 60	0.250	47.3	6.7	52.4	47.6		
N° 80	0.180	117.9	16.6	69.0	31.0		
N° 100	0.150	125.8	17.7	86.7	13.3	5. Observaciones (Fuente de Normalización)	
N° 200	0.074	78.2	11.0	97.7	2.3	Manual de carreteras "Especificaciones Tecnicas Generales para Construccion" (EG-2013)	
Pasante		16.40	2.3	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA


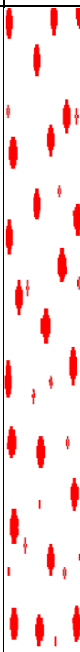


The graph plots the percentage of material passing through various sieve sizes. The x-axis shows sieve sizes in millimeters (76.2, 63.5, 50.8, 38.1, 25.4, 19.0, 12.7, 9.5, 6.3, 4.75, 2.36, 2.0, 1.19, 0.85, 0.6, 0.42, 0.3, 0.25, 0.18, 0.15, 0.075). The y-axis shows the percentage of material passing, ranging from 0 to 100. The curve is a dashed red line connecting red dots at each sieve size.


	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS			
	FORMATO CONTENIDO DE HUMEDAD (MIC E-108 / ASTM D-2216)			
Tesis : COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022				
Calicata: C-03	Profundidad : 0.30-1.50		Ing. Responsable : Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz	
Muestra : M-01	Lado : EJE		Tesistas : Mori Dara, Vergara Rocio	
Progresiva:	Fecha de ensayo : 02/09/2022			
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA INTEGRAL				
DATOS DE ENSAYO				
MUESTRA	1	1	2	
N° TARRO	-	-	-	-
TARRO + SUELO HUMEDO	1171.57	710.42	575.68	
TARRO + SUELO SECO	1162.62	702.59	573.05	
PESO DEL AGUA	9.0	7.8	2.6	
PESO DEL TARRO	80.59	81.03	80.57	
PESO DEL SUELO SECO	1082.03	621.56	492.48	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	0.83%	1.26%	0.53%	0.87%

SUELO VS AGUA (%)

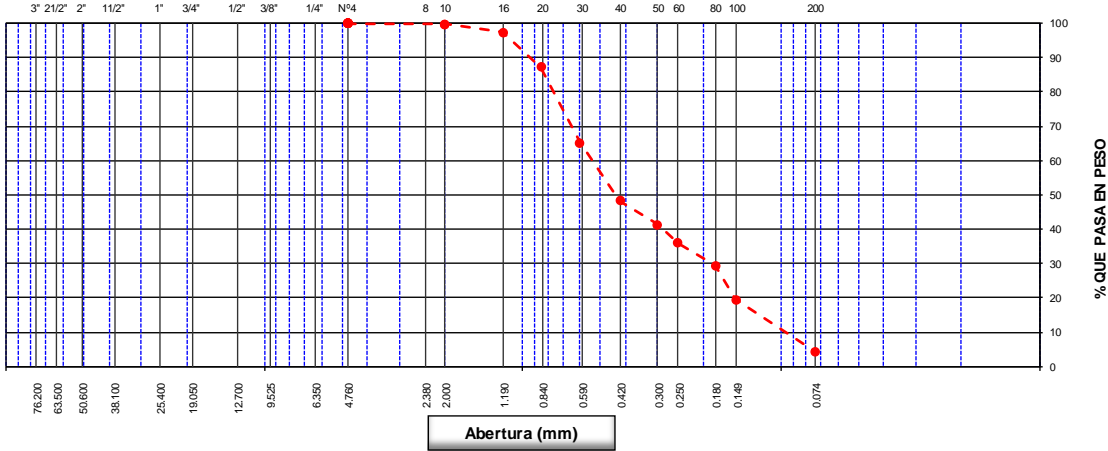


■ AGUA ■ SUELO


		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS												
REGISTRO DE EXCAVACION PERFIL ESTRATIGRAFICO														
Tesis : COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022														
Calicata : C-04		Profundidad : 0.15-1.50			Jefe de Laboratorio : Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz									
Muestra : M-01		Lado : EJE			Tesisistas : Mori Dara, Vergara Rocio									
Coordenadas : 775100, 8987206		Fecha de Ensayo : 02/09/2022												
Prof. (m.)	Estrato		Simbolo Grafico	Descripcion Visual del Suelo	Clasificacion		Granulometria				Constantes Fisicas			
	Capa	Esesor (m)			AASHTO	Sucs.	>3"	3" - Nº4	Nº4 - Nº 200	< Nº 200	L.L.	L.P	IP	
0.05 0.10 0.15 0.20 0.25 0.30 0.35 0.40 0.45 0.50 0.55 0.60 0.65 0.70 0.75 0.80 0.85 0.90 0.95 1.00 1.05 1.10 1.15 1.20 1.25 1.30 1.35 1.40 1.45 1.50		0.15		Material existente de desmorte con presencia de material orgánico y poliestileno.										
	--	1.35		Material existente sin grava, no presenta plasticidad, color gris claro, humedad baja, estado muy suelto.	A-1-b (0)	SP	0	0	95.7	4.3	NP	NP	NP	
PANEL FOTOGRAFICO														
 <p style="text-align: right; font-size: small;">29 ago. 2022 5:00:22 p. m. Nuevo Chimbote ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS : C-04</p>														
OBSERVACIONES :														

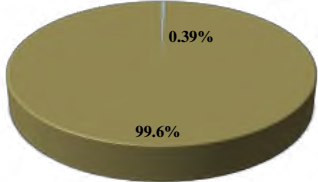
		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS					
FORMATO							
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-6913)							
Tesis :	COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022						
Calicata:	C-04	Profundidad :	0.15-1.50		Jefe de Laboratorio :	Ms. Julio Cesar Rivas plata Diaz	
Muestra :	M-01	Lado :	EJE		Tesistas :	Mori Dara, Vergara Rocio	
Coordenadas:	775100, 8987206	Fecha de Ensayo:	02/09/2022				
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Descripcion	
5"	127.000						0
4"	101.600					Peso Inicial Total (gr.)	719.2
3"	73.000					Peso Fraccion (gr.)	719.2
2 1/2"	60.300					2. Caracteristicas	
2"	50.800					Tamaño Maximo	
1 1/2"	37.500					Tamaño Maximo Nominal	
1"	25.400					Grava (%)	
3/4"	19.000					Arena (%)	95.7
1/2"	12.700					Finos (%)	4.3
3/8"	9.520					Modulo de Fineza (%)	
1/4"	6.350					3. Clasificacion	
Nº 4	4.750				100.0	Limite Liquido (%)	NP
Nº 8	2.360					Limite Plastico (%)	NP
Nº 10	2.000	1.1	0.2	0.2	99.9	Indice de Plasticidad (%)	NP
Nº 16	1.190	17.7	2.5	2.6	97.4	Clasificacion SUCS	SP
Nº 20	0.850	73.0	10.2	12.8	87.2	Clasificacion AASHTO	A-1-b (0)
Nº 30	0.600	158.4	22.0	34.8	65.2	5. Observaciones (Fuente de Normalizacion)	
Nº 40	0.420	122.4	17.0	51.8	48.2	Manual de carreteras "Especificaciones Tecnicas	
Nº 50	0.300	49.4	6.9	58.7	41.3	Generales para Construccion" (EG-2013)	
Nº 60	0.250	39.1	5.4	64.1	35.9		
Nº 80	0.180	47.2	6.6	70.7	29.3		
Nº 100	0.150	71.0	9.9	80.5	19.5		
Nº 200	0.074	108.8	15.1	95.7	4.3		
Pasante		31.14	4.3	100.0			

CURVA GRANULOMETRICA



Abertura (mm)


		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS FORMATO CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108 / ASTM D-2216)		
Tesis : COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022				
Calicata: C-04 Muestra: M-01 Progresiva: 775100, 8987206	Profundidad: 0.15-1.50 Lado: EJE Fecha de ensayo: 02/09/2022	Ing. Responsable: Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz Tesistas: Mori Dara, Vergara Rocio		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA INTEGRAL				
DATOS DE ENSAYO				
MUESTRA	1	1	2	
N° TARRO	-	-	-	-
TARRO + SUELO HUMEDO	1519.61	719.2	571.86	
TARRO + SUELO SECO	1515.26	715.68	570.43	
PESO DEL AGUA	4.3	3.5	1.4	
PESO DEL TARRO	84.92	84.93	84.87	
PESO DEL SUELO SECO	1430.34	630.75	485.56	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	0.30%	0.56%	0.29%	0.39%

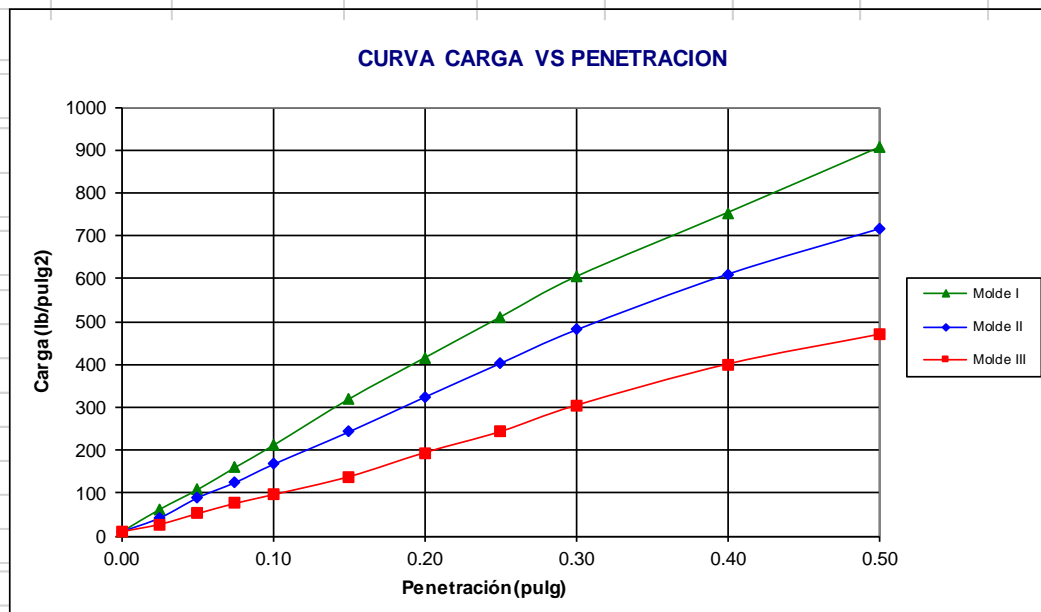
SUELO VS AGUA (%)


■ AGUA ■ SUELO

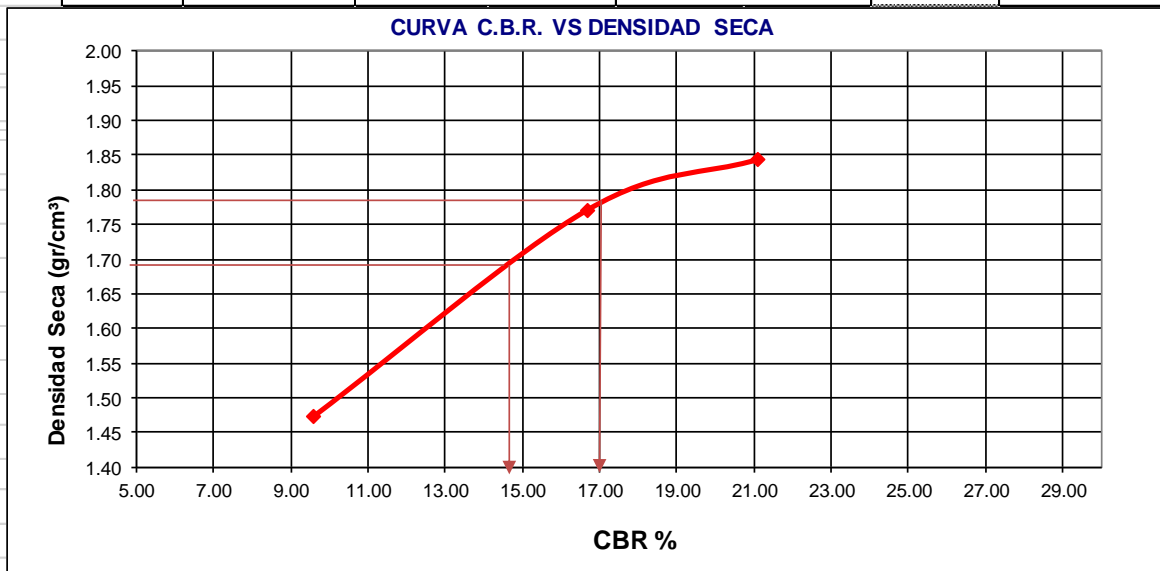
	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS				
	FORMATO				
	LIMITES DE CONSISTENCIA				
	(MTC E-110,111 / ASTM D-4318)				
Tesis :	COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022				
Calicata:	<i>C-04</i>	Profundidad :	<i>0.15-1.50</i>	Jefe de Laboratorio :	<i>Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz</i>
Material :	<i>M-01</i>	P. de Muestreo :	<i>EJE</i>	Tesistas :	<i>Mori Dara, Vergara Rocio</i>
Coordenadas:	<i>775100, 8987206</i>	Fecha de Ensayo:	<i>02/09/2022</i>		
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO					
N° de Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	0.00	0.00	0.00	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	0.00	0.00	0.00	
Peso de Tarro	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso del Suelo Seco	gr.	0.00	0.00	0.00	Límite Líquido
Contenido de Humedad	%	NP	NP	NP	NP
Numero de Golpes		0	0	0	
DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD					
N° de Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.				
Peso de Tarro	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso de Suelo seco	gr.				Límite Plástico
Contenido de Humedad	%	NP	NP		NP
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES					
20.0					
19.5					
19.0					
18.5					
18.0					
17.5					
17.0					
16.5					
16.0					
15.5					
15.0					
10					100
Constantes Físicas de la Muestra					
Límite Líquido			NP		
Límite Plástico			NP		
Índice de Plasticidad			NP		
Observaciones					
<i>Pasante Tamiz N° 40</i>					
.....					
.....					
.....					

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS																		
FORMATO																		
ENSAYO PROCTOR MODIFICADO																		
(MTC E-115)																		
Tesis :	COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022																	
Calicata:	C-04	Profundidad :	0.15-1.50	Jefe de Laboratorio :														
Muestra :	M-01	Lado :	EJE	Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz														
Coordenadas:	775100, 8987206	Fecha de Ensayo:	02/09/2022	Tesisistas : DARA, ROCIO														
METODO " A "																		
PUNTO No.		I	II	III	IV	V												
MOLDE No.		1	1	1	1	1												
1	Volumen del molde (cm ³)	930.04	930.04	930.04	930.04	930.04												
2	Peso del molde (gr)	1930.00	1930.00	1930.00	1930.00	1930.00												
3	Peso del molde + muestra húmeda (gr)	3485.00	3605.00	3720.00	3715.00	3650.00												
4	Peso de la muestra húmeda (gr)	1555.00	1675.00	1790.00	1785.00	1720.00												
5	Densidad húmeda de la muestra (gr/cm ³)	1.67	1.80	1.92	1.92	1.85												
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA																		
6	Peso de la tara (gr)	25.650	25.947	25.455	26.025	25.562												
7	Peso de la tara + suelo húmedo (gr)	69.820	65.336	65.958	66.355	64.385												
8	Peso de la tara + suelo seco (gr)	68.475	63.213	62.875	62.897	60.323												
9	Peso del agua (gr)	1.345	2.123	3.083	3.458	4.062												
10	Peso del suelo seco (gr)	42.825	37.266	37.420	36.872	34.761												
11	Contenido de humedad (%)	3.14	5.70	8.24	9.38	11.69												
12	Densidad seca de la muestra (gr/cm ³)	1.62	1.70	1.78	1.75	1.66												
<p align="center">GRAFICO: DENSIDAD vs HUMEDAD</p> <table border="1"> <caption>Data points for the Density vs. Humidity graph</caption> <thead> <tr> <th>Contenido de Humedad (%)</th> <th>Densidad Seca (gr/cm³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3.14</td> <td>1.62</td> </tr> <tr> <td>5.70</td> <td>1.70</td> </tr> <tr> <td>8.24</td> <td>1.78</td> </tr> <tr> <td>9.38</td> <td>1.75</td> </tr> <tr> <td>11.69</td> <td>1.66</td> </tr> </tbody> </table>							Contenido de Humedad (%)	Densidad Seca (gr/cm ³)	3.14	1.62	5.70	1.70	8.24	1.78	9.38	1.75	11.69	1.66
Contenido de Humedad (%)	Densidad Seca (gr/cm ³)																	
3.14	1.62																	
5.70	1.70																	
8.24	1.78																	
9.38	1.75																	
11.69	1.66																	
Máxima Densidad Seca			1.78 Gr/Cm3															
Optimo Contenido de Humedad:			8.50%															

		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS					
		FORMATO					
		ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO - C.B.R.					
		(ASTM D-1883)					
Tesis:		COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022					
Calicata:	C-04	Profundidad:	0.15-1.50	Jefe de Laboratorio:	Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz		
Muestra:	M-01	Lado:	EJE	Tesistas:	Mori Dara, Vergara Rocio		
Coordenadas:	775100, 8987206	Fecha de Ensayo:	02/09/2022				
a) Ensayo preliminar de Proctor modificado							
	Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.78					
	Óptimo Contenido de Humedad (%)	8.50					
b) Compactación de los moldes CBR							
	Molde N°		I	II	III		
	N° de capas		5	5	5		
	N° de golpes por capa		56	26	12		
1	Peso del molde + suelo compactado [gr]		12095.00	11935.00	11250.00		
2	Peso del molde [gr]		7905.00	7905.00	7905.00		
3	Peso de suelo compactado [gr]	(1)-(2)	4190.00	4030.00	3345.00		
4	Volumen de molde [cm ³]		2096.00	2096.00	2096.00		
5	Densidad húmeda [gr/cm ³]	(3)/(4)	2.00	1.92	1.60		
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA							
	Tara N°		1	2	3		
6	Peso de la tara, [gr]		25.323	26.410	25.775		
7	Peso de la tara + suelo húmedo, [gr]		65.204	66.050	65.769		
8	Peso de la tara + suelo seco, [gr]		62.102	62.922	62.669		
9	Peso del agua, [gr]	(7)-(8)	3.102	3.128	3.100		
10	Peso del suelo seco, [gr]	(8)-(6)	36.779	36.512	36.894		
11	Contenido de humedad, [%]	(9)/(10)x100	8.434	8.567	8.402		
12	Densidad seca de la muestra, [gr/cm ³]	5/(1+(11)/100)	1.844	1.771	1.472		
c) Prueba de penetración							
Área del anillo = 3 pulg ²			Presión (libras/pulg ²) = (L x 7.36+30.18)/3				
Penetración (pulg)	Presión patrón (lb/pulg ²)	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	13.0	42	7.0	27
0.050		40.0	108	32.0	89	17.0	52
0.075		61.0	160	47.0	125	27.0	76
0.100	1000	82.0	211	64.0	167	35.0	96
0.150		126.0	319	95.0	243	52.0	138
0.200	1500	165.0	415	128.0	324	75.0	194
0.250		204.0	510	160.0	403	95.0	243
0.300	1900	242.0	604	192.0	481	120.0	304
0.400	2300	303.0	753	245.0	611	159.0	400
0.500	2600	365.0	905	288.0	717	187.0	469



Molde	Penetración (pulg)	Presión aplicada (lb/pulg²)	Presión Patrón (lb/pulg²)	C.B.R. (%)	Expansión
I	0.1	211.0	1000	21.10	0.00
II	0.1	167.0	1000	16.70	0.00
III	0.1	96.0	1000	9.60	0.00



CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 100% MDS :	17.00%
CBR 0,1" DE PENETRACIÓN A 95% MDS :	13.00%

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS												
REGISTRO DE EXCAVACION PERFIL ESTRATIGRAFICO													
Tesis : <i>COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022</i>													
Calicata: <i>C-05</i>			Profundidad : <i>0.25-1.50</i>			Jefe de Laboratorio : Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz							
Muestra : <i>M-01</i>			Lado : <i>EJE</i>			Tesis tas : <i>Mori Dara, Vergara Rocio</i>							
Coordenadas: <i>774631, 8987112</i>			Fecha de Ensayo: <i>02/09/2022</i>										
Prof. (m.)	Estrato		Simbolo Grafico	Descripcion Visual del Suelo	Clasificacion		Granulometria				Constantes Fisicas		
	Capa	Espesor (m)			AASHTO	Sucs.	>3"	3" - Nº4	Nº4 - Nº 200	< Nº 200	L.L.	L.P	IP
0.05													
0.05													
0.10		0.25		Material de desmonte con presencia de vidrio, material orgánico y poliestileno.									
0.15													
0.20													
0.25													
0.30													
0.35													
0.40													
0.45													
0.50													
0.55													
0.60													
0.65		1.25		Material existente sin grava, no presenta plasticidad, color dorado, humedad baja, estado compactado.	A-1-b (0)	SW	0	1.36	94.6	4.0	NP	NP	NP
0.70													
0.75													
0.80													
0.85													
0.90													
0.95													
1.00													
1.05													
1.10													
1.15													
1.20													
1.25													
1.30													
1.35													
1.40													
1.45													
1.50													

PANEL FOTOGRAFICO

29 ago. 2022 4:36:21 p. m.
Nuevo Chimbote
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS : C-05

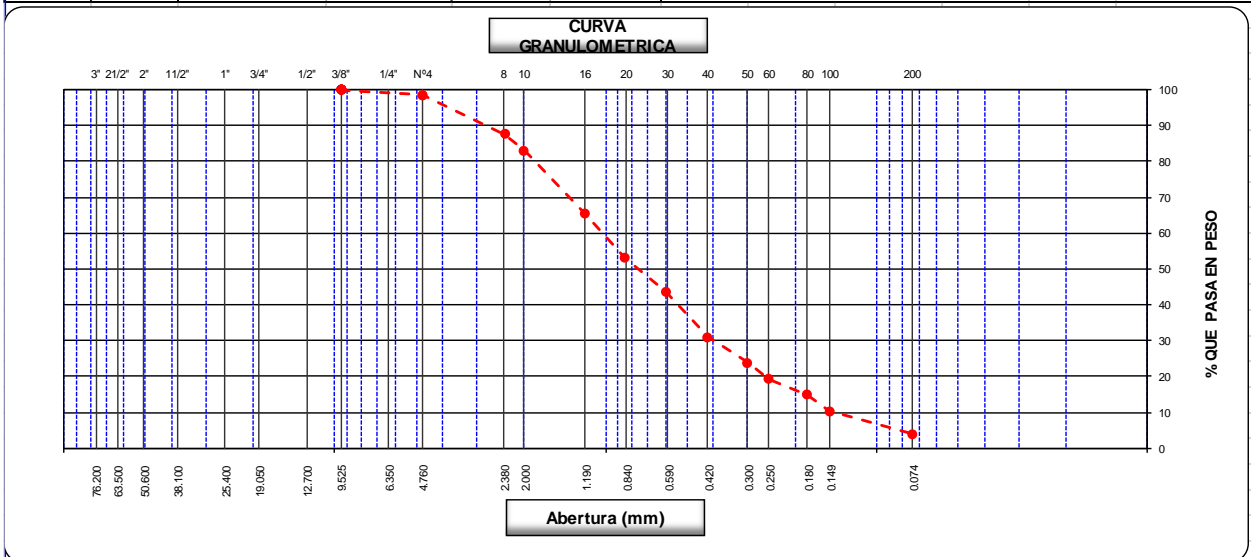
29 ago. 2022 4:36:38 p. m.
Nuevo Chimbote
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS : C-05

OBSERVACIONES :

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS
	FORMATO
	ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
	(MTC E-107 / ASTM D-6913)

Tesis : COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022	
Calicata: C-05	Profundidad: 0.25-1.50
Muestra: M-01	Lado: EJE
Coordenadas: 774631, 8987112	Fecha de Ensayo: 02/09/2022
Jefe de Laboratorio: Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz	
Tesistas: Mori Dara, Vergara Rocio	


Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Descripcion
5"	127.000					0
4"	101.600					Peso Inicial Total (gr.)
3"	73.000					713.8
2 1/2"	60.300					Peso Fraccion (gr.)
2"	50.800					713.8
1 1/2"	37.500					2. Características
1"	25.400					Tamaño Maximo
3/4"	19.000					Tamaño Maximo Nominal
1/2"	12.700					Grava (%)
3/8"	9.520					1.4
1/4"	6.350					Arena (%)
N° 4	4.750	9.7	1.4	1.4	98.6	94.6
N° 8	2.360	78.9	11.1	12.4	87.6	4.0
N° 10	2.000	32.4	4.5	16.9	83.1	3. Clasificación
N° 16	1.190	126.5	17.7	34.7	65.3	Limite Liquido (%)
N° 20	0.850	88.3	12.4	47.0	53.0	Limite Plastico (%)
N° 30	0.600	66.6	9.3	56.4	43.7	Indice de Plasticidad (%)
N° 40	0.420	89.9	12.6	69.0	31.1	Clasificacion SUCS
N° 50	0.300	51.9	7.3	76.2	23.8	Clasificacion AASHTO
N° 60	0.250	32.6	4.6	80.8	19.2	SW
N° 80	0.180	30.9	4.3	85.1	14.9	A-1-b (0)
N° 100	0.150	33.4	4.7	89.8	10.2	5. Observaciones (Fuente de Normalizacion)
N° 200	0.074	44.3	6.2	96.0	4.0	Manual de carreteras "Especificaciones Tecnicas
Pasante		28.65	4.0	100.0		Generales para Construccion" (EG-2013)



	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS			
	FORMATO CONTENIDO DE HUMEDAD (MIC E-108 / ASTM D-2216)			
Tesis : COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022				
Calicata: C-05 Muestra : M-01 Progresiva:	Profundidad : 0.25-1.50 Lado : EJE Fecha de ensayo : 02/09/2022	Ing. Responsable : Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz Tesistas : Mori Dara, Vergara Rocio		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA INTEGRAL				
DATOS DE ENSAYO				
MUESTRA	1	1	2	
N° TARRO	-	-	-	-
TARRO + SUELO HUMEDO	1130.13	518.9	713.79	
TARRO + SUELO SECO	1114.22	513.51	703.43	
PESO DEL AGUA	15.9	5.4	10.4	
PESO DEL TARRO	87.39	89.43	82.05	
PESO DEL SUELO SECO	1026.83	424.08	621.38	
PORCENTAJE DE HUMEDAD	1.55%	1.27%	1.67%	1.50%

SUELO VS AGUA (%)

■ AGUA ■ SUELO

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS				
FORMATO					
LIMITES DE CONSISTENCIA					
(MIC E-110,111 / ASTM D-4318)					
Tesis :	COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022				
Calicata:	C-05				
Material :	M-01				
Coordenadas:	774631, 8987112				
Profundidad :	0.25-1.50				
P. de Muestreo :	EJE				
Fecha de Ensayo:	02/09/2022				
Jefe de Laboratorio :	Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz				
Tesistas :	Mori Dara, Vergara Rocio				
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO					
N° de Tarro	gr.	0.00	0.00	0.00	
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	0.00	0.00	0.00	
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.				
Peso de Tarro	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso del Suelo Seco	gr.	0.00	0.00	0.00	Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	NP	NP	NP	NP
Numero de Golpes		0	0	0	
DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD					
N° de Tarro	gr.				
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.				
Peso de Tarro	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso de Suelo seco	gr.				Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	NP	NP		NP
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES					
20.0 19.5 19.0 18.5 18.0 17.5 17.0 16.5 16.0 15.5 15.0					
10					100
Constantes Fisicas de la Muestra					
Limite Liquido			NP		
Limite Plastico			NP		
Indice de Plasticidad			NP		
Observaciones					
<i>Pasante Tamiz N° 40</i>					
_____ _____ _____					

Prof. (m)		Estrato		Simbolo Grafico	Descripcion Visual del Suelo	Clasificacion		Granulometria				Constantes Fisicas					
		Capa	Espesor (m)			AASHTO	Sucs.	>3"	3" - Nº4	Nº4 - Nº 200	< Nº 200	L.L.	L.P	IP			
0.05																	
0.05																	
0.10																	
0.15			0.25		Material de desmonte con presencia de vidrio, material orgánico y poliestileno.												
0.20																	
0.25																	
0.30																	
0.35																	
0.40																	
0.45																	
0.50																	
0.55																	
0.60																	
0.65																	
0.70																	
0.75																	
0.80																	
0.85																	
0.90																	
0.95																	
1.00																	
1.05																	
1.10																	
1.15																	
1.20																	
1.25																	
1.30																	
1.35																	
1.40																	
1.45																	
1.50																	

PANEL FOTOGRAFICO


29 ago. 2022 4:12:58 p. m.
Nuevo Chimbote
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS : C-06

29 ago. 2022 4:14:35 p. m.
Nuevo Chimbote
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS : C-06

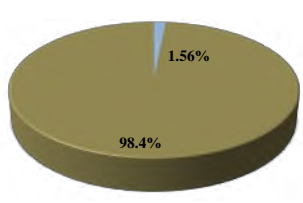
OBSERVACIONES :

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA CHIMBOTE - PERU		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS					
FORMATO							
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-6913)							
Tesis : COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022							
Calicata: C-06		Profundidad : 0.25-1.50		Jefe de Laboratorio : Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz			
Muestra : M01		Lado : EJE		Tesistas : Mori Dar a, Vergara Rocio			
Coordenadas: 774794, 8986929		Fecha de Ensayo: 02/09/2022					
Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	Retenido Parcial	Retenido Acumulado	Porcentaje que Pasa	Descripcion	
5"	127.000	0.00	0.00	0.00	0.00		0
4"	101.600	0.00	0.00	0.00	0.00	Peso Inicial Total (gr.)	762.2
3"	73.000	0.00	0.00	0.00	0.00	Peso Fraccion (gr.)	762.2
2 1/2"	60.300	0.00	0.00	0.00	0.00	2. Caracteristicas	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	0.00	Tamaño Maximo	0.00"
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	0.00	Tamaño Maximo Nominal	0.00"
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	0.00	Grava (%)	1.9
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	0.00	Arena (%)	94.0
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	0.00	Finos (%)	4.1
3/8"	9.520	0.00	0.00	0.00	100.0	Modulo de Fineza (%)	
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	0.00	3. Clasificacion	
Nº 4	4.750	14.6	1.9	1.9	98.1	Limite Liquido (%)	NP
Nº 8	2.360	83.5	11.0	12.9	87.1	Limite Plastico (%)	NP
Nº 10	2.000	37.5	4.9	17.8	82.2	Indice de Plasticidad (%)	NP
Nº 16	1.190	131.3	17.2	35.0	65.0	Clasificacion SUCS	SW
Nº 20	0.850	93.2	12.2	47.2	52.8	Clasificacion AASHTO	A-1-b (0)
Nº 30	0.600	66.6	8.7	56.0	44.0	5. Observaciones (Fuente de Normalizacion)	
Nº 40	0.420	95.1	12.5	68.4	31.6	Manual de carreteras "Especificaciones Tecnicas Generales para Construccion" (EG-2013)	
Nº 50	0.300	56.9	7.5	75.9	24.1		
Nº 60	0.250	32.6	4.3	80.2	19.8		
Nº 80	0.180	32.5	4.3	84.5	15.6		
Nº 100	0.150	38.7	5.1	89.5	10.5		
Nº 200	0.074	48.7	6.4	95.9	4.1		
Pasante		31.17	4.0	99.9	0.0		


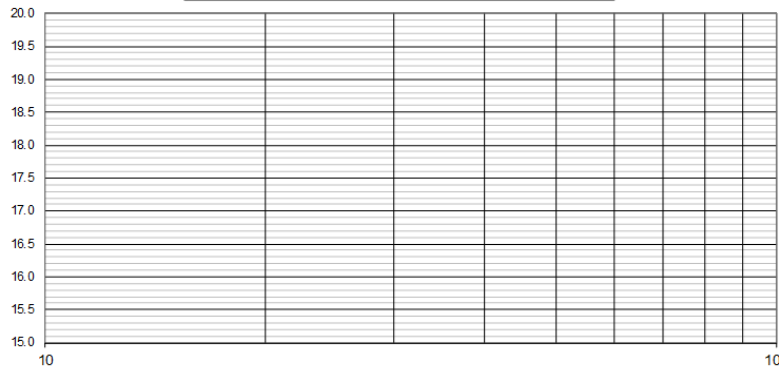
CURVA GRANULOMETRICA

		LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS			
		FORMATO CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108 / ASTM D-2216)			
Tesis : COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022					
Calicata: C-06 Muestra : M-01 Progresiva:	Profundidad : 0.25-1.50 Lado : EJE Fecha de ensayo : 02/09/2022	Ing. Responsable : Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz Tesistas : Mori Dara, Vergara Rocio			
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA INTEGRAL					
DATOS DE ENSAYO					
MUESTRA	1	1	2		
Nº TARRO	-	-	-	-	
TARRO + SUELO HUMEDO	1303.72	762.17	658.28		
TARRO + SUELO SECO	1285.51	750.49	650.42		
PESO DEL AGUA	18.2	11.7	7.9		
PESO DEL TARRO	85.35	89.43	83.05		
PESO DEL SUELO SECO	1200.16	661.06	567.37		
PORCENTAJE DE HUMEDAD	1.52%	1.77%	1.39%	1.56%	

SUELO VS AGUA (%)



■ AGUA ■ SUELO

	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS UNS			
FORMATO				
LIMITES DE CONSISTENCIA				
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318)				
Tesis :	COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022			
Calicata:	C-06	Profundidad :	0.25-1.50	Jefe de Laboratorio :
Material :	M-01	P. de Muestreo :	EJE	<i>Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz</i>
Coordenadas:	774794, 8986929	Fecha de Ensayo:	02/09/2022	Tesistas :
				Mori Dara, Vergara Rocio
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO				
Nº de Tarro				
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	0.00	0.00	0.00
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.	0.00	0.00	0.00
Peso de Tarro	gr.			
Peso de Agua	gr.			
Peso del Suelo Seco	gr.	0.00	0.00	0.00
Contenido de Humedad	%	NP	NP	NP
Numero de Golpes		0	0	0
DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD				
Nº de Tarro				
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.			
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.			
Peso de Tarro	gr.			
Peso de Agua	gr.			
Peso de Suelo seco	gr.			
Contenido de Humedad	%	NP	NP	NP
CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES				
				Constantes Físicas de la Muestra
				Limite Liquido
				NP
				Limite Plastico
				NP
				Indice de Plasticidad
				NP
Observaciones				
<i>Pasante Tamiz N° 40</i>				

Anexo 3. Memoria de Cálculo

Diseño de Pavimento Flexible - Método AASHTO 93

A. Periodo de Diseño

Se adoptó un periodo de diseño de 20 años, según tabla.

Tabla 41.

Periodo de diseño según condiciones de carretera

Condiciones de la carretera	Periodo de análisis (años)
Urbano con alto volumen de tránsito	30-50
Rural con alto volumen de tránsito	20-50
Pavimentada con bajo volumen de tránsito	15-25
Afirmada con bajo volumen de tránsito	10-20

Nota: Elaboración Propia.

B. Cálculo del número de ESAL

Para calcular el ESAL de diseño, aplicaremos la siguiente fórmula:

Ecuación 17. Cálculo del ESAL de diseño

$$ESAL = \Sigma (F \text{ IMDA}) \times 365 \times F_d \times F_c \times F_{ca} \dots\dots (17)$$

Donde:

F IMDA = Representa a los ejes equivalentes según la relación de cargas por eje multiplicado por el índice medio diario anual.

365 = Son los días del año.

F_d = Factor Direccional.

F_c = Factor Carril.

F_{ca} = Factor de crecimiento acumulado.

➤ Cálculo del F IMDA

Tabla 42.
Cálculo de factores de equivalencia multiplicado por el IMDA

VEHÍCULOS	IMDA 2022	CARGA DE VEH. POR EJE	EJE EQUIVALENTE (EE 8.2 Tn)	F IMDA
AUTOS, CAMIONETAS Y COMBIS	704	1	0.000527017	0.371
	704	1	0.000527017	0.371
CAMION 2E	10	7	1.265366749	12.654
	10	11	3.238286961	32.383
	1	7	1.265366749	1.265
SEMI 3S1	1	18	2.019213454	2.019
	1	11	3.238286961	3.238
	1	7	1.265366749	1.265
TRAYLER 2T3	1	11	3.238286961	3.238
	1	11	3.238286961	3.238
	1	18	2.019213454	2.019
			SUMATORIA F.IMDA	62.062

Nota: Elaboración Propia

- En la columna 2, van los valores del IMDA obtenido en el Anexo 1-B.
- En la columna 3, la carga de vehículo por eje, representa los pesos que son extraídos del reglamento nacional de vehículos, tal como indica la Figura 4 del presente informe.
- En la columna 4, el Eje Equivalente (EE 8.2 Tn) resulta de la relación de cargas por eje para determinar ejes equivalentes (EE) según la Tabla 3, donde se aplica la formula según corresponda al tipo de eje.
- En la columna 5: $F\text{ IMDA} = \text{Eje Equivalente (EE 8.2 Tn)} \times \text{IMDA}$

➤ Determinación del Fd y Fc

Tabla 43.

Determinación del Fd y Fc, según número de calzadas

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

Nota: Elaboración Propia

➤ Cálculo del Fca

Figura 29.

Índice nacional del flujo vehicular-INEI

El índice Nacional del Flujo Vehicular en las unidades de peaje, en noviembre de 2022, creció en **7,6%**.

Variable	Ponderación (Año Base 2007=100,0)	Var. % 2022/2021 Noviembre
Índice Nacional del Flujo Vehicular	100,0	7,6
Índice del Flujo de Vehículos Pesados	55,6	1,9
Índice del Flujo de Vehículos Pesados de Carga (3 a 7 ejes)	33,2	1,3
Índice del Flujo de Vehículos Ligeros	44,4	12,5

Durante noviembre el tráfico de vehículos pesados por las garitas comparado con el mes de octubre explicado por...

Nota: Tomado del INEI.

La tasa anual de crecimiento considerando el valor dado por el INEI:

$$r = 7,6 \%$$

Aplicando la fórmula:

$$Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r} = \frac{(1+0.076)^{20} - 1}{0.076} \dots\dots (2)$$

$$Fca = 43.784$$

➤ Valor del ESAL

$$ESAL = \Sigma (F \text{ IMDA}) \times 365 \times F_d \times F_c \times F_{ca} \dots\dots (17)$$

$$ESAL = 62.062 \times 365 \times 0.5 \times 1 \times 43.784$$

$$ESAL = 495,914.949 \text{ EE} = 4.96 \times 10^5 \text{ EE}$$

C. Índice de serviciabilidad

Tabla 44.
Índice de serviciabilidad presente (PSI)

Índice de Serviciabilidad Presente (PSI)	Calificación
0-1	Muy mala
1-2	Mala
2-3	Regular
3-4	Buena
4-5	Muy buena

Nota: Elaboración Propia

Se considera cuando es pavimento nuevo la calificación mayor de 5.

➤ Índice de servicio inicial (po)

Se usará el valor de 4.2 recomendado por AASHTO para pavimentos flexibles.

➤ Índice de servicio final (pt)

Se usará el valor de 2.0 recomendado por AASHTO para carreteras con menos volumen de tráfico.

➤ Pérdida del índice de serviciabilidad

$$\Delta PSI = p_o - p_t \dots\dots (4)$$

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

D. Confiabilidad

Tabla 45.

Valor de confiabilidad según clasificación de la vía

Clasificación funcional de la vía	Nivel recomendado de confiabilidad (%)	
	Urbana	Rural
Interestatales y vías rápidas	85-99.9	80-99.9
Arterias principales	80-99	75-95
Colectoras	80-95	75-95
Locales	50-80	50-80

Nota: Elaboración Propia

Se considera: $R = 80\%$

E. Desviación Estándar (Z_r)

Tabla 46.

Valor de desviación estándar según confiabilidad

Confiabilidad (R%)	Valor de Z_R
50	-0.000
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.340
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.090
99.99	-3.750

Nota: Elaboración Propia

$$Z_r = -0.841$$

F. Desviación Estándar del Sistema (S_o)

Se tomó el valor de 0.45 recomendado por la Guía AASHTO para pavimentos flexibles.

$$S_o = 0.45$$

G. Módulo Resiliente de la Subrasante

Del anexo 2 Ensayos de Laboratorio, se obtuvo el CBR de la subrasante al 95% de la MDS, el valor de 13%.

$$\text{CBR (al 95\%MDS)} = 13\%$$

Para determinar el módulo resiliente aplicamos la fórmula propuesta por la Guía AASHTO:

$$Mr (\text{psi}) = 2555 \times \text{CBR}^{0.64} \dots\dots\dots (5)$$

$$Mr (\text{psi}) = 2555 \times (13)^{0.64}$$

$$Mr = 13,192.122 \text{ psi}$$

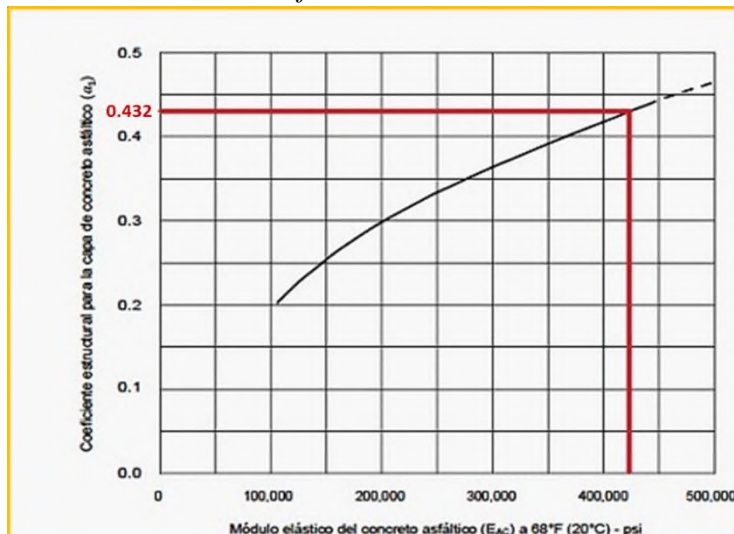
H. Coeficientes Estructurales de los materiales

➤ Concreto Asfáltico (a1)

Del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, considera el valor del módulo elástico del concreto asfáltico de 430,000 psi, para carpeta asfáltica en caliente (página 139). Haciendo uso del gráfico proporcionado por AASHTO hallamos el coeficiente estructural del concreto asfáltico: $a_1 = 0.432$

Figura 30.

Determinación del coeficiente estructural del concreto asfáltico



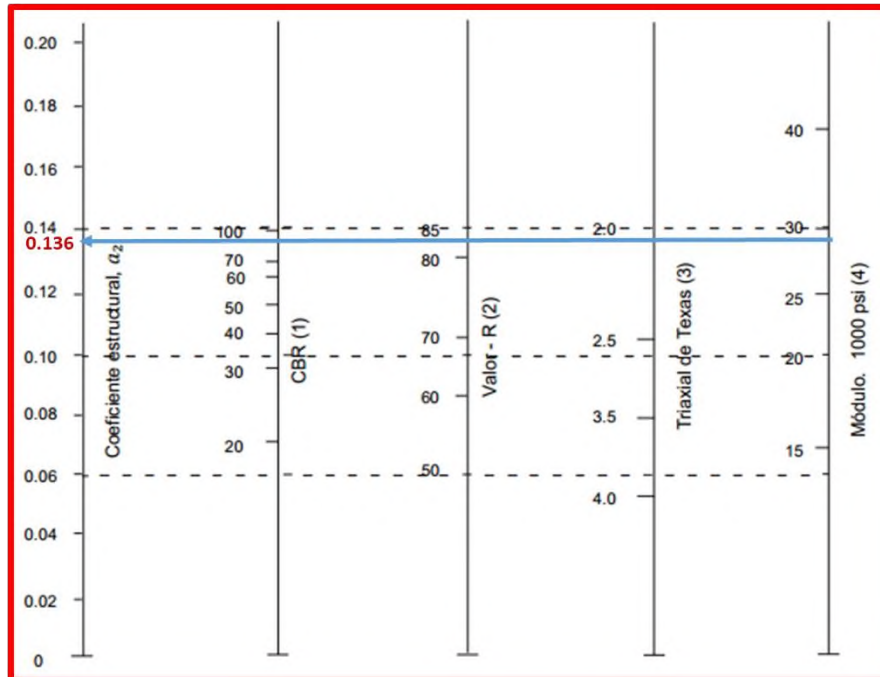
Nota: Elaboración Propia

➤ **Base Granular (a2)**

Del anexo 2 Ensayos de Laboratorio, se obtuvo el CBR de la base al 100% de la MDS, el valor de 93%. Haciendo uso del gráfico proporcionado por AASHTO hallamos el coeficiente estructural de la base granular: $a_2 = 0.136$ con un módulo de resiliencia de 29,500 psi.

Figura 31.

Ábaco para determinación del coeficiente estructural de la base (a_2)



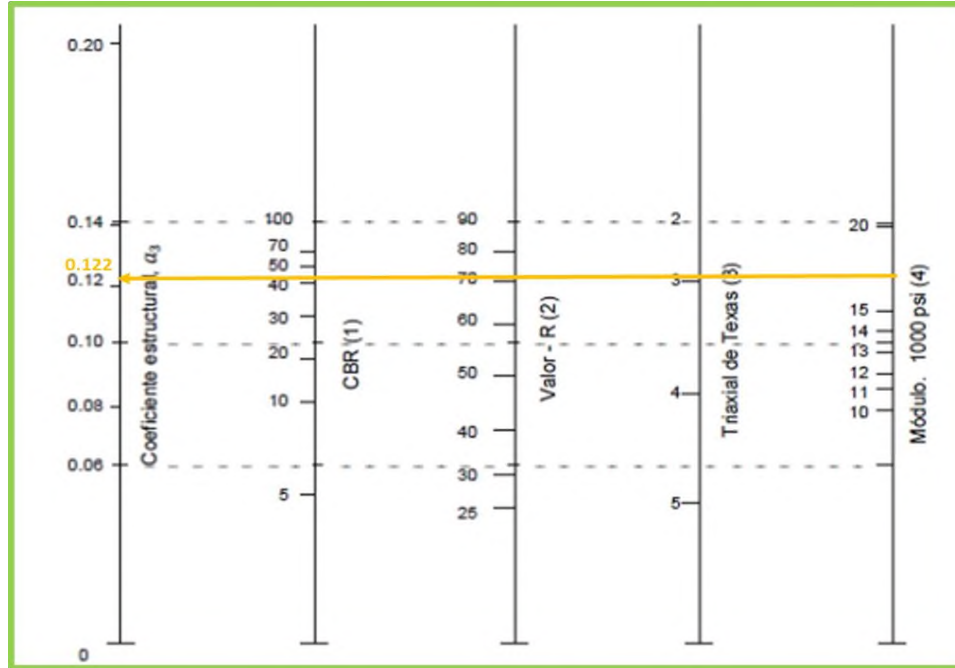
Nota: Elaboración Propia

➤ **Subbase Granular (a3)**

Del anexo 2 Ensayos de Laboratorio, se obtuvo el CBR de la subbase al 95% de la MDS, el valor de 40.5%. Haciendo uso del gráfico proporcionado por AASHTO hallamos el coeficiente estructural de la subbase granular: $a_3 = 0.122$ con un módulo de resiliencia de 17,200 psi.

Figura 32.

Ábaco para la determinación del coeficiente estructural de la subbase (a_3)



Nota: Elaboración Propia

I. Coeficientes de drenaje

Se considera por defecto que las bases y sub bases tienen drenaje regular.

Tabla 47.

Calidad del drenaje

Calidad del drenaje	Tiempo que tarda el agua en ser evacuada
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Regular	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	(el agua no drena)

Nota: Elaboración Propia

Considerando una calidad del drenaje regular y un porcentaje del 5% a 25% de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la

saturación, se adoptó un coeficiente de drenaje de la base (m_2) de 1.0 y un coeficiente de drenaje de la subbase (m_3) de 1.0.

Tabla 48.
Determinación del coeficiente de drenaje

Calidad del drenaje	Porcentaje de tiempo en que el pavimento está expuesto a niveles de humedad próximos a la saturación			
	Menos del 1%	1% a 5%	5% a 25%	Más del 25%
Excelente	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.20
Bueno	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1.00
Regular	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.80
Malo	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.60
Muy malo	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.40

Nota: Elaboración Propia

$$m_2 = 1.0$$

$$m_3 = 1.0$$

J. Determinación de espesores

Después de obtener los parámetros de diseño, se procederá a determinar el número estructural requerido SN, utilizando la ecuación de diseño:

Figura 33.
Ecuación de diseño AASHTO 93

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R \times S_o + 9.36 \times \log_{10}(SN+1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2-1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Nota: Tomado de la Guía de diseño AASHTO 93.

Utilizando el programa “Ecuación AASHTO 93”, determinamos el número estructural requerido (SN).

Figura 34.

Cálculo del número estructural requerido con el programa ecuación AASHTO 93

Nota: Elaboración Propia

SN = 2.28

❖ Considerando el análisis de diseño por capas, debe cumplirse con los espesores mínimos (en pulgadas), brindados por la guía AASHTO 93, según nuestro tráfico.

Tabla 49.

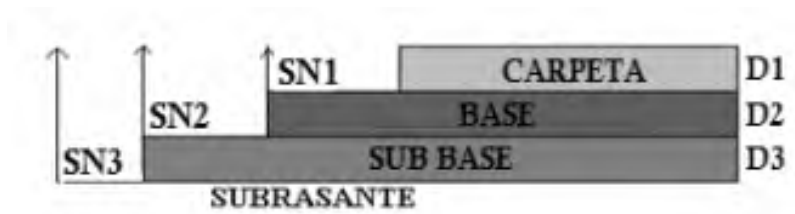
Espesores mínimos del concreto asfáltico y base granular

Tránsito (ESAL)	Concreto Asfáltico (pulg)	Base Granular (pulg)
Menos de 50,000	1.0 (*)	4.0
50,000 – 150,000	2.0	4.0
150,001 – 500,000	2.5	4.0
500,001 – 2'000,000	3.0	6.0

Nota: Elaboración Propia

❖ Se procede a calcular el SN para cada capa del pavimento, haciendo uso del programa “Ecuación AASHTO 93”.

Figura 35.
Gráfica del comportamiento de los números estructurales de las capas del pavimento



Se determina el número estructural sobre la capa base SN_1 y sobre la capa subbase SN_2 , con los mismos valores de entrada de diseño, pero sustituyendo el valor del módulo resiliente de la subrasante (M_R), por el valor del módulo de la base $M_{R\ base} = 29,500$ psi y de la subbase $M_{R\ subbase} = 17,200$ psi respectivamente. Y el SN_3 vendría ser igual al SN ya obtenido.

Figura 36.
Cálculo del número estructural sobre la capa base con el programa ecuación AASHTO 93

Nota: Elaboración Propia.

$SN_1 = 1.67$

Figura 37.
Cálculo del número estructural sobre la capa subbase con el programa ecuación AASHTO 93

Nota: Elaboración Propia.

$$SN_2 = 2.06$$

Figura 38.
Cálculo del número estructural sobre la capa subrasante con el programa ecuación AASHTO 93

$$SN_3 = 2.28$$

• **Cálculo del espesor de la carpeta asfáltica**

$$D_1 = \frac{SN_1}{a_1} = \frac{1.67}{0.432}$$

$$D_1 = 3.87'' \quad \text{Sí cumple con los espesores mínimos}$$

Se considera $D_1^* = 4''$

Se corrige el SN_1 :

$$SN_1^* = a_1 \times D_1^* = 0.432 \times 4$$

$$SN_1^* = 1.73 \geq 1.67 \quad \text{OK} \quad \Rightarrow \quad SN_1^* = a_1 \times D_1^* \geq SN_1$$

• **Cálculo del espesor de la base**

$$D_2 = \frac{SN_2 - SN_1^*}{a_2 \times m_2} = \frac{2.06 - 1.73}{0.136 \times 1.00}$$

$$D_2 = 2.43'' \quad \text{No cumple con los espesores mínimos}$$

Se considera $D_2^* = 4''$, espesor mínimo establecido por Norma para la base.

Se corrige el SN_2 :

$$SN_2^* = D_2^* \times a_2 \times m_2 = 4 \times 0.136 \times 1.00$$

$$SN_2^* = 0.54$$

Se verifica lo anterior:

$$SN_1^* + SN_2^* = 1.73 + 0.54 = 2.27 \geq 1.72 \quad \text{OK} \quad \Rightarrow \quad SN_1^* + SN_2^* \geq SN_2$$

• **Cálculo del espesor de la subbase**

$$D_3 = \frac{SN_3 - (SN_1^* + SN_2^*)}{a_3 \times m_3} = \frac{2.28 - (1.73 + 0.54)}{0.122 \times 1.00}$$

$$D_3 = 0.08'' \quad \text{No cumple con los espesores mínimos}$$

Se considera $D_3^* = 4''$, espesor mínimo establecido por Norma para la subbase.

Se corrige el SN_3 :

$$SN_3^* = D_3^* \times a_3 \times m_3 = 4 \times 0.122 \times 1.00$$

$$SN_3^* = 0.49$$

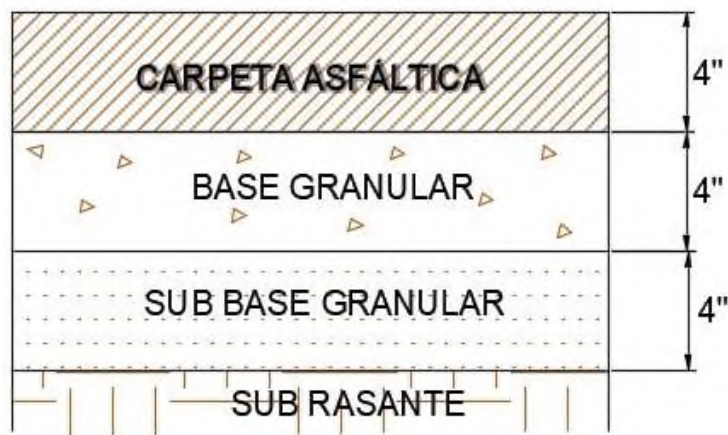
Verificando el SN^* total, se tiene que:

$$SN^* \geq SN = SN_1^* + SN_2^* + SN_3^* \geq SN \rightarrow 2.76 \geq 2.28 \quad \text{OK}$$

Por lo tanto, la estructura del pavimento flexible tendrá un espesor total de 12 pulgadas, constituida por una capa de carpeta asfáltica de 4”, una capa de base granular de 4” y una capa de subbase granular de 4”.

Figura 39.

Gráfica de espesores de capas del pavimento por el método AASHTO 93



Nota: Elaboración Propia.

Diseño de Pavimento Flexible - Método Instituto del Asfalto

A. Periodo de Diseño

Se adoptó un periodo de diseño de 20 años.

B. EAL de Diseño

Para calcular el EAL de diseño, aplicaremos la siguiente fórmula:

Ecuación 18. Cálculo del EAL de diseño

$$EAL = IMDA \times F_{\text{camión}} \times FA \times F_{\text{ca}} \times 365 \times Cd \dots (18)$$

Donde:

IMDA = Índice medio diario anual.

F_{camión} = Factor Camión.

FA = Factor de Ajuste por presión de neumático.

F_{ca} = Factor de crecimiento acumulado.

365 = Son los días del año.

Cd = Carril de diseño.

➤ **Cálculo del Factor Camión**

Tabla 50.
Cálculo del factor camión

VEHICULOS	CARGA (Tn)	PESO POR EJES (Tn)		CARGA POR EJES (Lb)	TIPO DE EJE	FEC Por ejes	FACTOR CAMIÓN
		EJE	Lx				
AUTO	2	Del.	1	2204.62	Simple	0.00029	0.00058
		Post. 01	1	2204.62	Simple	0.00029	
STATION WAGON	2	Del.	1	2204.62	Simple	0.00029	0.00058
		Post. 01	1	2204.62	Simple	0.00029	
PICK UP	2	Del.	1	2204.62	Simple	0.00029	0.00058
		Post. 01	1	2204.62	Simple	0.00029	
PANEL	2	Del.	1	2204.62	Simple	0.00029	0.00058
		Post. 01	1	2204.62	Simple	0.00029	
RURAL Combi	2	Del.	1	2204.62	Simple	0.00029	0.00058
		Post. 01	1	2204.62	Simple	0.00029	
MICRO	2	Del.	1	2204.62	Simple	0.00029	0.00058
		Post. 01	1	2204.62	Simple	0.00029	
CAMION (2E)	18	Del.	7	15432.34	Simple	0.54064	3.69564
		Post. 01	11	24250.82	Simple	3.155	
SEMI TRAYLER (3S1/3S2)	36	Del.	7	15432.34	Simple	0.54064	5.71541
		Post. 01	18	39683.16	Tandem	2.01977	
		Post. 02	11	24250.82	Simple	3.155	
TRAYLER (2T3)	47	Del.	7	15432.34	Simple	0.54064	8.87041
		Post. 01	11	24250.82	Simple	3.155	
		Post. 02	11	24250.82	Simple	3.155	
		Post. 03	18	39683.16	Tandem	2.01977	

Nota: Elaboración Propia.

*Los FEC por ejes se obtuvieron de la Tabla 22, interpolando los valores.

➤ **Cálculo del Factor de Ajuste**

Para los vehículos de pasajeros la presión de inflado de los neumáticos es menor a 70 psi al igual que la presión de contacto, considerando este valor, se obtiene un factor de ajuste de 1.00.

FA = 1.00

Para los vehículos de carga la presión de inflado de los neumáticos es 95 psi y la presión de contacto según el MTC en la Tabla 4, es el 90% de la presión de inflado:

Ecuación 19. Presión de contacto de los neumáticos

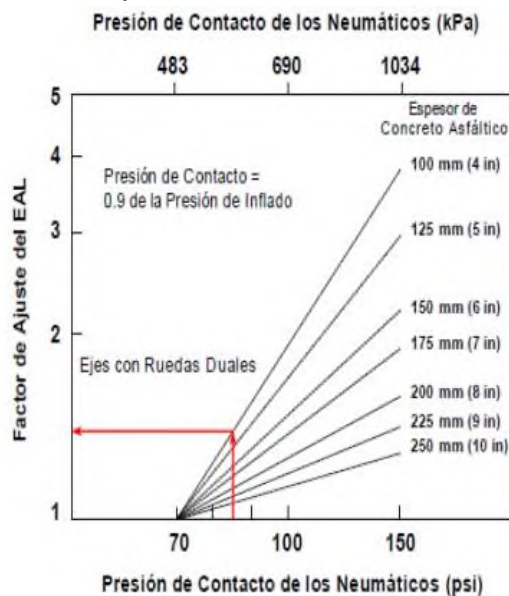
$$P_c = 0.90 \times P_i = 0.90 \times 95 \dots\dots\dots (19)$$

$$P_c = 85.5 \text{ psi}$$

Asumiendo el menor valor del espesor de carpeta asfáltica:

$$4 \text{ plg} = 100 \text{ mm (Situación crítica)}$$

Figura 40.
Factor de ajuste del EAL



Nota: Tomado del Manual Series MS-1 del Instituto del Asfalto.

FA = 1.48

➤ **Cálculo del Fca**

La tasa anual de crecimiento se considera igual que en el método AASHTO 93:

$$r = 7,6 \%$$

Aplicando la fórmula:

$$Fca = \frac{(1+r)^n - 1}{r} \dots\dots (2)$$

$$Fca = \frac{(1 + 0.076)^{20} - 1}{0.076}$$

Fca = 43.784

➤ **Cálculo del Carril de diseño**

Tabla 51.
Determinación del carril de diseño

Número de carriles (dos direcciones)	Porcentaje de camiones en el carril de diseño
2	50
4	45 (35-48)*
6 o más	40 (25-48)*

Nota: Elaboración Propia.

Cd = 0.50

➤ EAL de diseño

Tabla 52.
Cálculo del EAL de diseño

VEHICULOS	IMDA veh/día	FACTOR CAMIÓN	FACTOR DE AJUSTE (FA)	FACTOR DE CRECIMIENTO (Fc)	365	CARRIL DE DISEÑO (Cd)	EAL
AUTO	445	0.00058	1.00	43.784	365	0.5	2063.69285
STATION WAGON	14	0.00058	1.00	43.784	365	0.5	63.5593563
PICK UP	30	0.00058	1.00	43.784	365	0.5	139.036092
PANEL	12	0.00058	1.00	43.784	365	0.5	57.6006667
RURAL Combi	28	0.00058	1.00	43.784	365	0.5	128.442866
MICRO	175	0.00058	1.00	43.784	365	0.5	809.719717
CAMION (2 E)	10	3.69564	1.48	43.784	365	0.5	437048.545
SEMI TRAYLER (3S1/3S2)	1	5.71541	1.48	43.784	365	0.5	57934.9478
TRAYLER (2T3)	1	8.87041	1.48	43.784	365	0.5	59943.9924
						EAL	558189.536
							5.58E+05

Nota: Elaboración Propia.

C. Módulo resiliente de la subrasante Mr

El módulo de resiliencia de la subrasante (Mr) se obtiene mediante la relación:

Ecuación 20. Módulo de Resiliencia de la subrasante por el I.A.

$$Mr = 1500 \times CBR \dots\dots\dots (20)$$

Teniendo un CBR de 13% según el estudio de suelos

$$Mr = 1500 \times CBR = 1500 \times 13$$

$$Mr = 19500 \text{ psi}$$

D. Condiciones ambientales de temperatura

Con los datos obtenidos del INEI en la zona de estudio, se puede estimar una temperatura media anual del aire (TMAA) de 20.4 °C, con una mínima de 17.2 °C y una máxima de 24.4°.

Tabla 53.

Condiciones ambientales de temperatura para el grado de asfalto

Condiciones de temperatura	Grado de Asfalto	
Frío, temperatura promedio anual $\leq 7^{\circ}\text{C}$	AC-5	AC-10
	AR-2000	AR-4000
	Pen 120/150	Pen 85/150
Templado, temperatura promedio anual entre 7°C y 24°C	AC-10	AC-20
	AR-4000	AR-8000
	Pen 85/100	Pen 60/70
Cálido, temperatura promedio anual $\geq 24^{\circ}\text{C}$	AC-20	AC-40
	AR-8000	AR-16000
	Pen 60/70	Pen 40/50

Nota: Elaboración Propia.

En la tabla siguiente se muestra el TMAA para determinar los espesores de la estructura del pavimento flexible con este método.

Tabla 54.

Determinación del TMAA para cálculo de espesores

Temperatura Media Anual del Aire	Efecto de la Helada
$< 7^{\circ}\text{C}$ (45 °F)	Sí
15.5 °C (60 °F)	Posible
$> 24^{\circ}\text{C}$ (75 °F)	No

Nota: Elaboración Propia.

Según los factores ambientales se utilizarán las cartas de diseño que tienen una TMAA = 15.5 °C (60 °F) y 24°C (75 °F).

E. Tipos de bases

Para el diseño de pavimento se empleó base de agregados no tratados.

F. Dimensionamiento de la estructura

El espesor mínimo para el concreto asfáltico recomendado por el método del Instituto del Asfalto, según el EAL que nos resultó es de 4”.

Tabla 55.
Espesores mínimos según el EAL de diseño

Tráfico (EAL)	Condición de tráfico	Espesor mínimo de concreto asfáltico
10 ⁴ o menos	Zonas de parqueo y caminos rurales de bajo volumen	75 mm (3.0 pulg)
Entre 10 ⁴ y 10 ⁶	Tráfico mediano de vehículos pesados	100 mm (4.0 pulg)
10 ⁶ o más	Tráfico alto de vehículos pesados	125 mm (5.0 pulg) o más

Nota: Elaboración Propia.

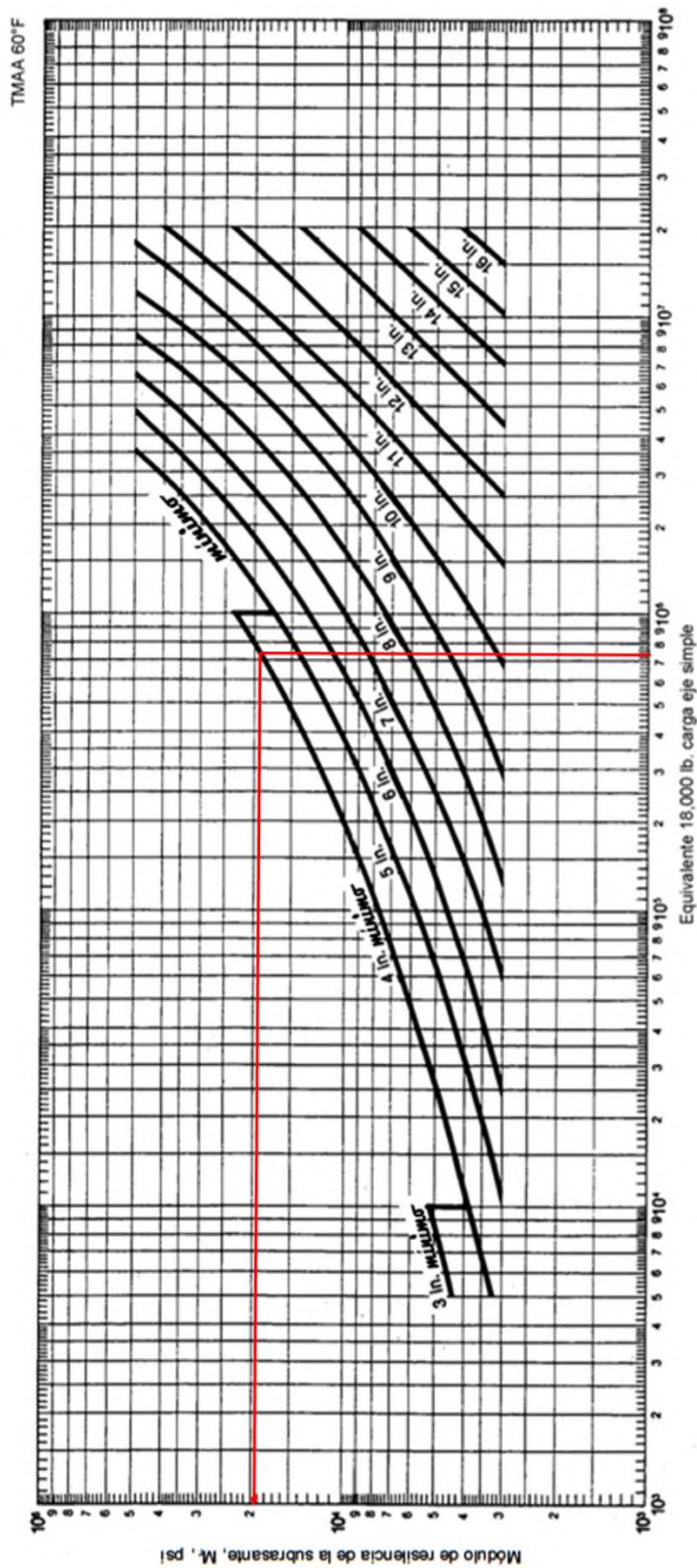
Las cartas de diseño a utilizar que tienen una TMAA de 60°F y de 75°F y son para base de agregados no tratados de 6” y 12”, son la A-29, A-30, A-35 y A-36.

El procedimiento para hallar los espesores de la carpeta asfáltica es que en cada carta de diseño mencionada, se parte del eje horizontal donde va el valor del EAL hallado que es $733605.485 = 7.34 \times 10^5$, que representa al Equivalente 18,000 lb, carga eje simple, y del eje vertical con el módulo de resiliencia de la subrasante, $M_r = 19500 \text{ psi} = 1.95 \times 10^4$; donde ambos se intercepten será el espesor de la carpeta asfáltica.

- ✓ En la carta de diseño A-29 que corresponde a una TMAA de 60°F y base de agregados no tratados de 6” de espesor, siguiendo el procedimiento antes mencionado se obtuvo un espesor de carpeta asfáltica de 4”.
- ✓ En la carta de diseño A-30 que corresponde a una TMAA de 60°F y base de agregados no tratados de 12” de espesor, siguiendo el procedimiento, se obtuvo un espesor de carpeta asfáltica de 4”

- ✓ En la carta de diseño A-35 que corresponde a una TMAA de 75°F y base de agregados no tratados de 6” de espesor, siguiendo el procedimiento, se obtuvo un espesor de carpeta asfáltica de 5”.
- ✓ En la carta de diseño A-36 que corresponde a una TMAA de 75°F y base de agregados no tratados de 12” de espesor, siguiendo el procedimiento, se obtuvo un espesor de carpeta asfáltica de 4”.

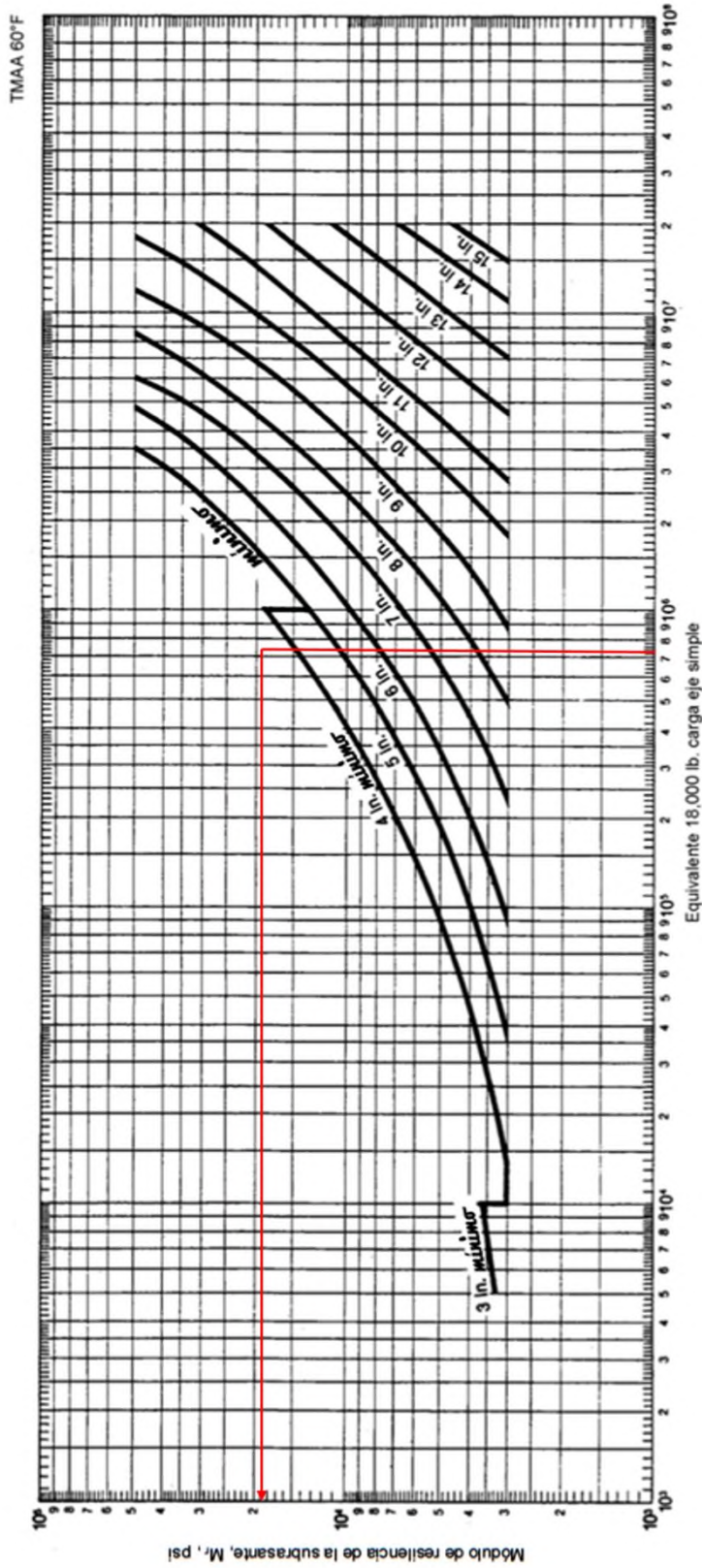
Figura 41.
 Carta de diseño A-29 base de agregados no tratados de 6" de espesor



Nota: Elaboración Propia.

Figura 42.

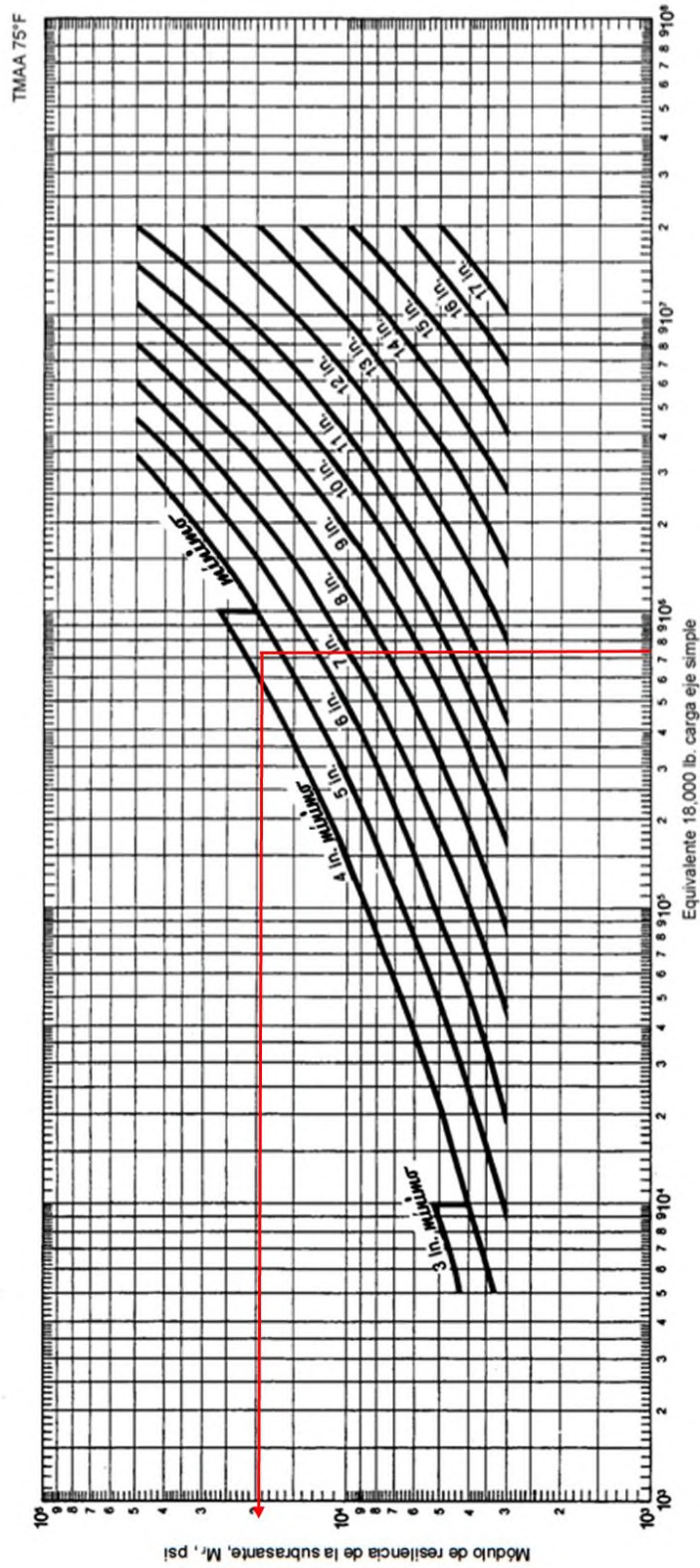
Carta de diseño A-30 base de agregados no tratados de 12" de espesor



Nota: Elaboración Propia.

Figura 43.

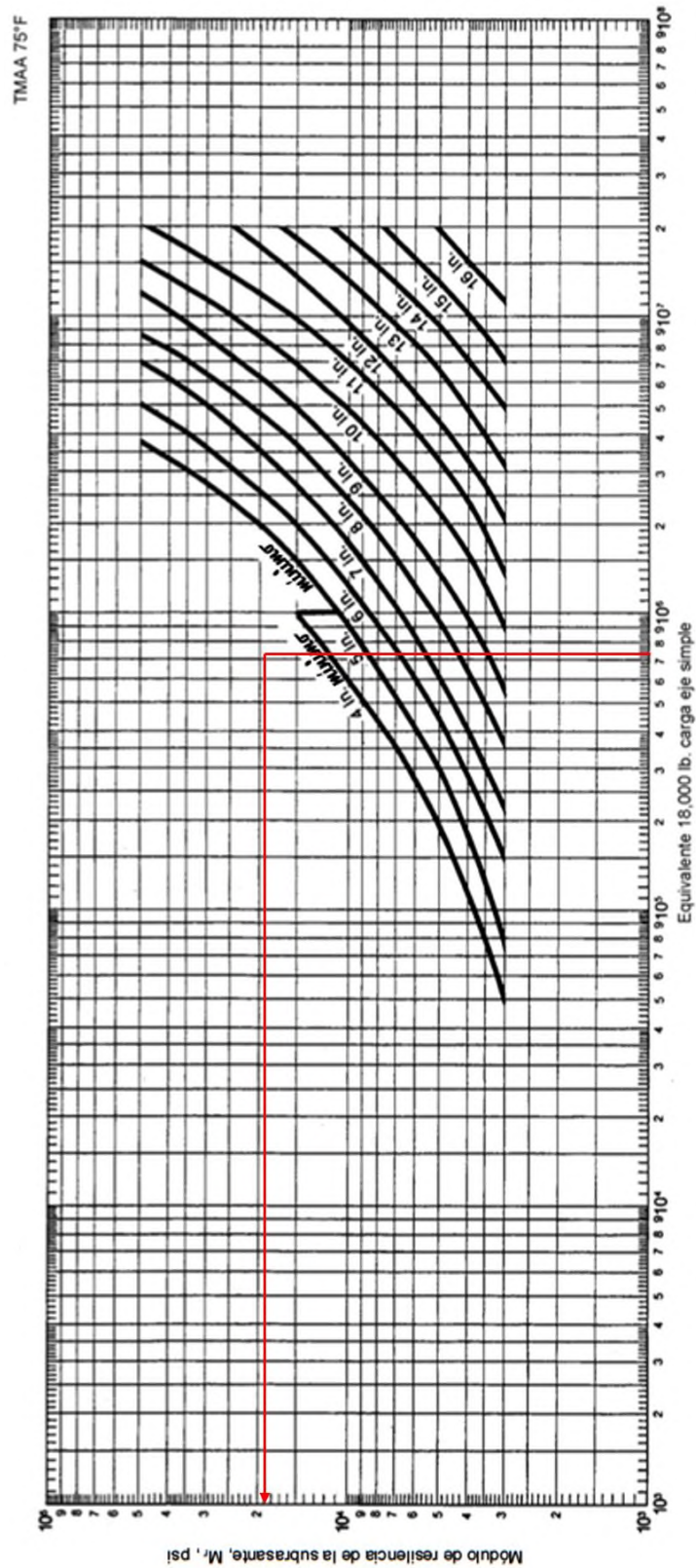
Carta de diseño A-35 Base de agregados no tratados de 6" de espesor



Nota: Elaboración Propia.

Figura 44.

Carta de diseño A-36 base de agregados no tratados de 12” de espesor

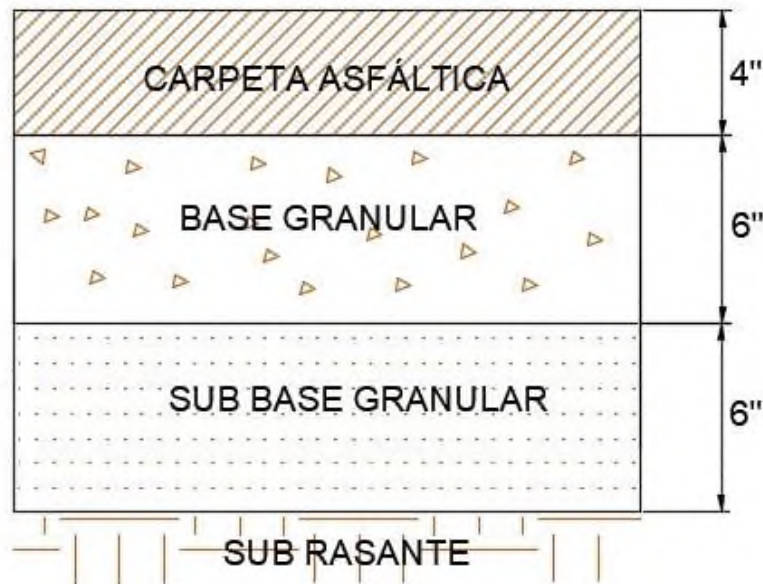


Nota: Elaboración Propia.

Con lo mostrado anteriormente, la alternativa elegida para otorgarle mayor resistencia y durabilidad, será usar capas granulares de 12” de espesor, donde 6” será para la capa base y 6” para la subbase, y según la carta de diseño la carpeta asfáltica será de 4”, cumpliendo con el valor mínimo. Esto hace un total de espesor del pavimento de 16”.

Figura 45.

Gráfica de espesores de capas del pavimento por el método instituto del asfalto



Nota: Elaboración Propia.

Anexo 4. Metrados

Tabla 56.
Metrados de las vías del pavimento en el área de estudio

Calle/Pasaje/Avenida	Longitud (ml)	Ancho (m)	Calzada (m)	Área de calzada (m2)
ATAHUALPA	402.62	12	7	2818.34
LAS PALMERAS	168.1	7	5	840.5
BESIQUE	181.87	4	4	727.48
BEGONIAS	253.28	7	5	1266.4
MANCORA	369.301	12	7	2585.107
TOSSA DE MAR	246.64	7	5	1233.2
COSTA BRAVA	239.11	10	6	1434.66
MAZATLAN	242.88	10	6	1457.28
PUNTA SAL	110.73	7	5	553.65
EL DORADO	241.66	10	6	1449.96
28 DE JULIO	232.95	7	5	1164.75
CANCUN	248.77	7	5	1243.85
SAN ANDRES	69.6	7	5	348
COMERCIO	81.82	6	4	327.28
TOTAL	3089.331	ml		17450.457 m2
	3.089	Km		

Nota: Elaboración Propia.

Figura 46.
Metrado de la partida movimiento de tierra

01 MOVIMIENTO DE TIERRA						
01.01 CORTE DE TERRENO NATURAL						
DESCRIPCION	# VECES	LARGO	ANCHO	ALTO	ÁREA	PARCIAL
JR. ATAHUALPA		402.62			1.234	496.83
CA. LAS PALMERAS		168.1			0.044	7.40
PJE. BESIQUE		181.87			0.156	28.37
CA. BEGONIAS		253.28			1.191	301.66
JR. MANCORA		369.301			2.264	836.10
CA. TOSSA DE MAR		246.64			0.179	44.15
CA. COSTA BRAVA		239.11			0.477	114.06
CA. MAZATLAN		242.88			0.831	201.83
CA. PUNTA SAL		110.73			0.044	4.87
CA. EL DORADO		241.66			0.103	24.89
CA. 28 DE JULIO		232.95			1.509	351.52
CA. CANCUN		248.77			0.561	139.56
CA. AN ANDRES		69.6			0.479	33.34
CA. COMERCIO		81.82			0.101	8.26
					METRADO TOTAL	2592.84
01.02 PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE						
1						
DESCRIPCION	# VECES	LARGO	ANCHO	ALTO	ÁREA	PARCIAL
Total de la vía					17450.457	17450.46
					METRADO TOTAL	17450.46
01.02 ELIMINACIÓN DE MATERIAL EXCEDENTE DM=1 KM						
DESCRIPCION	# VECES	LARGO	ANCHO	ALTO	VOLUMEN	PARCIAL
Total de la vía					2592.839	2592.84
					METRADO TOTAL	2592.84

Nota: Elaboración Propia.

Figura 47.
Metrado de la partida pavimento

02 PAVIMENTO						
02.01 SUB BASE GRANULAR						
DESCRIPCION	# VECES	LARGO	ANCHO	ALTO	ÁREA	PARCIAL
Total de la vía				0.1	17450.457	1745.05
MÉTODO AASHTO 93						
METRADO TOTAL						1745.05
DESCRIPCION	# VECES	LARGO	ANCHO	ALTO	ÁREA	PARCIAL
Total de la vía				0.15	17450.457	2617.57
MÉTODO INSTITUTO DEL ASFALTO						
METRADO TOTAL						2617.57
02.02 BASE GRANULAR						
DESCRIPCION	# VECES	LARGO	ANCHO	ALTO	ÁREA	PARCIAL
Total de la vía				0.1	17450.457	1745.05
MÉTODO AASHTO 93						
METRADO TOTAL						1745.05
DESCRIPCION	# VECES	LARGO	ANCHO	ALTO	ÁREA	PARCIAL
Total de la vía				0.15	17450.457	2617.57
MÉTODO INSTITUTO DEL ASFALTO						
METRADO TOTAL						2617.57
02.03 IMPRIMACIÓN ASFÁLTICA						
DESCRIPCION	# VECES	LARGO	ANCHO	ALTO	ÁREA	PARCIAL
Total de la vía					17450.457	17450.46
METRADO TOTAL						17450.46
02.03 CARPETA ASFÁLTICA EN CALIENTE DE 4"						
DESCRIPCION	# VECES	LARGO	ANCHO	ALTO	ÁREA	PARCIAL
Total de la vía				0.1	17450.457	1745.05
METRADO TOTAL						1745.05

Nota: Elaboración Propia.

Anexo 5. Análisis de Precios Unitarios

Figura 48.

Análisis de precios unitarios de la partida movimiento de tierras

Partida	01.01		CORTE DE TERRENO NATURAL				
Rendimiento	m3/DIA	MO. 400.0000	EQ. 400.0000	Costo unitario directo por : m3			7.68
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0200	18.48	0.37	
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0600	16.71	1.00	
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0200	23.38	0.47	
							1.84
Equipos							
0301000020001	NIVEL TOPOGRÁFICO	hm	1.0000	0.0200	7.50	0.15	
0301000014	MIRAS	hm	1.0000	0.0200	1.50	0.03	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.84	0.06	
03011800020003	TRACTOR DE ORUGAS CAT D6D	hm	1.0000	0.0200	280.00	5.60	
							5.84
Partida	01.02		PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 450.0000	EQ. 450.0000	Costo unitario directo por : m2			52.34
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	4.0000	0.0711	23.38	1.66	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0178	18.48	0.33	
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0711	16.71	1.19	
0101030000	TOPOGRAFO	hh	1.0000	0.0178	23.38	0.42	
							3.60
Materiales							
02070400010001	MATERIAL GRANULAR PARA SUB-BASE	m3		1.0000	40.00	40.00	
							40.00
Equipos							
0301000020001	NIVEL TOPOGRÁFICO	hm	1.0000	0.0178	7.50	0.13	
0301000014	MIRAS	hm	1.0000	0.0178	1.50	0.03	
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.60	0.11	
0301100006	RODILLO LISO VIBRATORIO	hm	1.0000	0.0178	139.26	2.48	
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	1.0000	0.0178	206.12	3.67	
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	1.0000	0.0178	130.20	2.32	
							8.74
Partida	01.04		ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=1 km				
Rendimiento	m3/DIA	MO. 200.0000	EQ. 200.0000	Costo unitario directo por : m3			15.89
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.0800	23.38	1.87	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0400	18.48	0.74	
							2.61
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.61	0.08	
03011600010002	CARGADOR FRONTAL CAT-930	hm	0.5000	0.0200	180.00	3.60	
0301220004	CAMION VOLQUETE	hm	2.0000	0.0800	120.00	9.60	
							13.28

Nota: Elaboración Propia (Programa S10).

Figura 49.
Análisis de precios unitarios de la partida pavimento

Partida	02.01	SUB-BASE GRANULAR						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 450.0000	EQ. 450.0000	Costo unitario directo por : m3				50.47
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra								
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0178	23.38	0.42		
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0178	18.48	0.33		
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0711	16.71	1.19		
						1.94		
Materiales								
02070400010001	MATERIAL GRANULAR PARA SUB-BASE	m3		1.0000	40.00	40.00		
						40.00		
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.94	0.06		
03011900020001	RODILLO VIBRATORIO DYNAPAC LISO CA-15	hm	1.0000	0.0178	139.26	2.48		
03012000010003	MOTONIVELADORA CAT 120B	hm	1.0000	0.0178	206.12	3.67		
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	1.0000	0.0178	130.20	2.32		
						8.53		
Partida	02.02	BASE GRANULAR						
Rendimiento	m3/DIA	MO. 350.0000	EQ. 350.0000	Costo unitario directo por : m3				53.45
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra								
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0229	23.38	0.54		
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0229	18.48	0.42		
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0914	16.71	1.53		
						2.49		
Materiales								
02070400010002	MATERIAL GRANULAR PARA BASE	m3		1.0000	40.00	40.00		
						40.00		
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	2.49	0.07		
03011900020001	RODILLO VIBRATORIO DYNAPAC LISO CA-15	hm	1.0000	0.0229	139.26	3.19		
03012000010003	MOTONIVELADORA CAT 120B	hm	1.0000	0.0229	206.12	4.72		
0301220005	CAMION CISTERNA	hm	1.0000	0.0229	130.20	2.98		
						10.96		
Partida	02.03	IMPRIMACION ASFALTICA						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 2,000.0000	EQ. 2,000.0000	Costo unitario directo por : m2				8.61
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
Mano de Obra								
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0040	23.38	0.09		
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0040	18.48	0.07		
0101010005	PEON	hh	6.0000	0.0240	16.71	0.40		
						0.56		
Materiales								
02010500010003	ASFALTO LIQUIDO MC-30	gal		0.2620	25.18	6.60		
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.0100	19.03	0.19		
						6.79		
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.56	0.02		
03012200080002	CAMION IMPRIMADOR 6X2 178-210 HP 1,800 gl	hm	1.0000	0.0040	150.00	0.60		
03013900050001	BARREDORA MECANICA 10-20 HP 7 P.LONG.	hm	1.0000	0.0040	160.00	0.64		
						1.26		

Partida	02.04		CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 4"				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 645.0000	EQ. 645.0000	Costo unitario directo por : m2			634.58
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	5.0000	0.0620	23.38	1.45	
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0248	18.48	0.46	
0101010005	PEON	hh	8.0000	0.0992	16.71	1.66	
						3.57	
	Materiales						
0201050005	MEZCLA ASFALTICA	m3		1.3000	475.00	617.50	
						617.50	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	3.57	0.11	
0301100004	RODILLO NEUMATICO	hm	1.0000	0.0124	130.10	1.61	
0301100005	RODILLO TANDEM	hm	1.0000	0.0124	160.00	1.98	
0301100006	RODILLO LISO VIBRATORIO	hm	1.0000	0.0124	139.26	1.73	
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	1.0000	0.0124	206.12	2.56	
0301500001	ESPARCIDORA DE ASFALTO VIBRO-ACABADORA 155 HP - 7m	hm	1.0000	0.0124	445.24	5.52	
						13.51	

Nota: Elaboración Propia (Programa S10).

Anexo 6. Presupuesto

Figura 50.
Presupuesto en el programa S10 para el método AASHTO 93

Presupuesto						
S10					Página	1
Presupuesto	0201001	COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022				
Subpresupuesto	001	MÉTODO AASHTO 93				
Cliente	S10 S.A.C.	Costo al	06/03/2023			
Lugar	ANCASH - SANTA - NUEVO CHIMBOTE					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				974,470.32	
01.01	CORTE DE TERRENO NATURAL	m3	2,592.84	7.68	19,913.01	
01.02	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE	m2	17,450.46	52.34	913,357.08	
01.04	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=1 km	m3	2,592.84	15.89	41,200.23	
02	PAVIMENTO				1,529,640.17	
02.01	SUB-BASE GRANULAR	m3	2,617.57	50.47	132,108.76	
02.02	BASE GRANULAR	m3	2,617.57	53.45	139,909.12	
02.03	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	17,450.46	8.61	150,248.46	
02.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 4"	m2	1,745.05	634.58	1,107,373.83	
	Costo Directo				2,504,110.49	
SON : DOS MILLONES QUINIENTOS CUATRO MIL CIENTO DIEZ Y 49/100 NUEVOS SOLES						

Nota: Elaboración Propia (Programa S10).

Figura 51.
Presupuesto en el programa S10 para el método Instituto del Asfalto

Presupuesto						
S10					Página	1
Presupuesto	0201001	COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022				
Subpresupuesto	002	MÉTODO INSTITUTO DEL ASFALTO				
Cliente	S10 S.A.C.	Costo al	06/03/2023			
Lugar	ANCASH - SANTA - NUEVO CHIMBOTE					
Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.	
01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				974,470.32	
01.01	CORTE DE TERRENO NATURAL	m3	2,592.84	7.68	19,913.01	
01.02	PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB-RASANTE	m2	17,450.46	52.34	913,357.08	
01.03	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE DM=1 km	m3	2,592.84	15.89	41,200.23	
02	PAVIMENTO				1,438,967.88	
02.01	SUB-BASE GRANULAR	m3	1,745.05	50.47	88,072.67	
02.02	BASE GRANULAR	m3	1,745.05	53.45	93,272.92	
02.03	IMPRIMACION ASFALTICA	m2	17,450.46	8.61	150,248.46	
02.04	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 4"	m2	1,745.05	634.58	1,107,373.83	
	Costo Directo				2,413,438.20	
SON : DOS MILLONES CUATROCIENTOS TRECE MIL CUATROCIENTOS TRENTIOCHO Y 20/100 NUEVOS SOLES						

Nota: Elaboración Propia (Programa S10).

Anexo 7. Ensayos de material de cantera



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

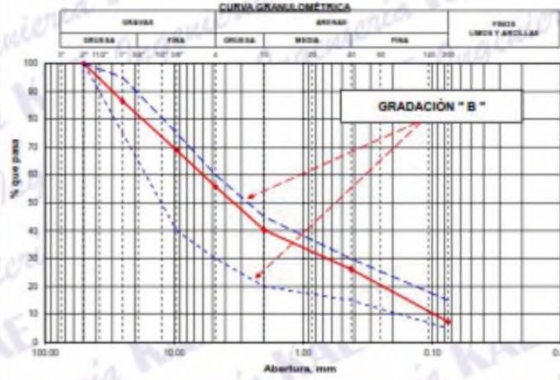
PROYECTO: COMPARACION ENTRE LOS METODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022	REGISTRO N°: CC-RL-GR-01
SANTA - ANCASH - PERU 2022	PÁGINA N°: 01 de 01
SOLICITA: Tesistas Mori Balarezo Dara y Vergara Torres Rocio	
UBICACIÓN: Distrito: Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	FECHA: 29/12/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-125)

Datos de Muestra	Peso de Muestra	% Gravas, Arena y Finos	Coef. Uniformidad y Curvatura	Clasificación SUICS
Cantera: San Pedrito Muestra: Afirmado	Peso Inicial Seco (gr) = 5706.7 Peso Mat. < N°4 (gr) = 3184.3 Peso de Fracción (gr) = 500.0	Grava (No.4 + Diam < 3") = 44.20% Arena (No.200 + Diam < No.4) = 48.48% Fino (Diam < No.200) = 7.32%	D ₆₀ (mm) = 5.94 D ₃₀ (mm) = 0.69 D ₁₀ (mm) = -	SP-SM (Arena Mal Graduada con Limo y Grava) Clasificación AASHTO A-1-b (0)

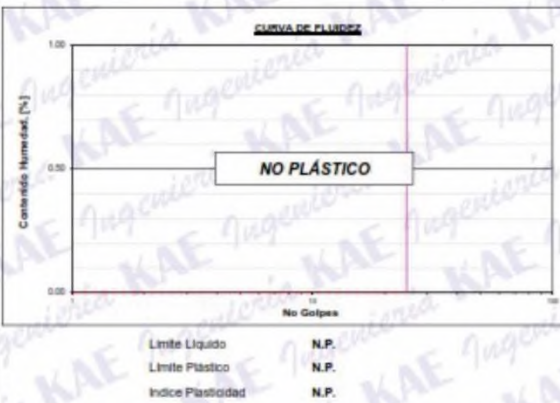
ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %	GRADACIÓN "B"
75.000	3"				
50.000	2"	0	0.0	100.00	100 100
37.500	1 1/2"	255	4.5	95.54	
25.000	1 1/4"	517	13.5	86.48	75 95
19.000	3/4"	178	16.6	83.36	
12.500	1/2"	572	26.7	73.33	
9.500	3/8"	258	31.2	68.80	40 75
4.750	N° 4	742	44.2	55.80	30 60
2.500	N° 10	139.3	59.5	40.25	20 45
0.850	N° 20	76.0	66.5	31.55	
0.425	N° 40	47.8	73.5	26.22	15 30
0.250	N° 60	35.5	77.7	22.26	
0.106	N° 140	112.4	90.3	9.72	
0.075	N° 200	21.5	92.7	7.32	5 15
	FONDO	65.5	100.0		



ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

(ASTM D4315, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO			
N° Tarro			
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	gr		
Peso Tarro + Suelo Seco	gr		
Peso De Agua	gr		
Peso Del Tarro	gr	NO PRESENTA	
Peso Del Suelo Seco	gr		
Contenido De Humedad	%		
Numero De Golpes	N°		
LÍMITE PLÁSTICO			
N° Tarro			
Peso de Tarro + Suelo Húmedo	gr		
Peso Tarro + Suelo Seco	gr		
Peso De Agua	gr	NO PLÁSTICO	
Peso Del Tarro	gr		
Peso Del Suelo Seco	gr		
Contenido De Humedad	%		



CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"	Tara N°		
	T - 15	T - 01	
Peso Tara	gr	52.80	56.90
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr	415.20	324.10
Peso Tara + Suelo Seco	gr	395.50	310.20
Peso Agua	gr	19.70	13.90
Peso Suelo Seco	gr	342.70	293.30
Contenido de Humedad	%	5.75	5.49
Contenido de Humedad Promedio	%	5.62	

Observaciones: La muestra fue proporcionada por el solicitante.

KAE Ingeniería
Ing. Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 216087





Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

PROYECTO : COMPARACION ENTRE LOS METODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022 N°037999 SANTA – ANCASH – PERU 2022	REGISTRO N° : CC-RLE-PM-01
SOLICITA : Tesistas Mori Balarezo Dara y Vergara Torres Rocio	PÁGINA N° : 01 de 02
UBICACIÓN : Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash	FECHA : 29/12/2022

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO (ASTM - D1557 - 12e1)

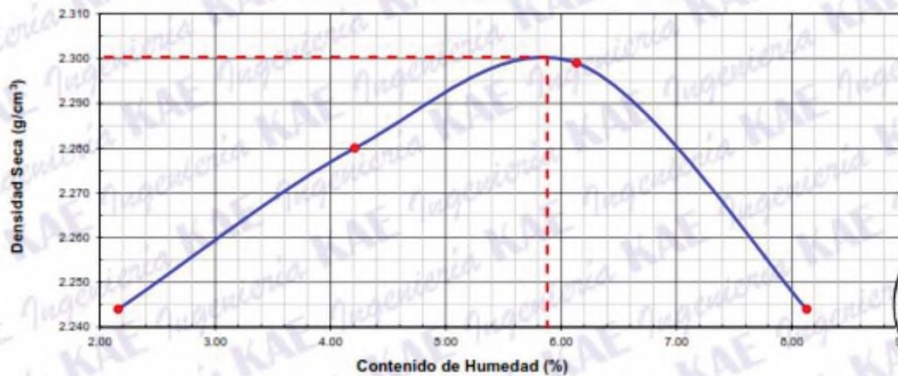
Información del Ensayo

Cantera : San Pedrito Método Utilizado : "C" Tipo de Apisonador : Manual
Material : Afirmado Material Utilizado : Pasante 3/4" Método Preparación : Seco

DESCRIPCIÓN		MUESTRAS			
		1	2	3	4
Peso suelo + molde	gr.	8121	8299	8434	8405
Peso molde	gr.	3254	3254	3254	3254
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4867	5045	5180	5151
Volumen del molde	cm ³	2123	2123	2123	2123
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	2.292	2.376	2.440	2.426
		HUMEDAD			
Peso del suelo húmedo + tara	gr.	216.9	236.1	205.1	217.6
Peso del suelo seco + tara	gr.	213.6	229.1	197.0	206.2
Peso de tara	gr.	60.8	62.9	65.0	66.0
Número de tara	N°	7	2	3	5
Peso del agua	gr.	3.3	7.0	8.1	11.4
Peso del suelo seco	gr.	152.8	166.2	132.0	140.2
Contenido de agua	%	2.16	4.21	6.14	8.13
Densidad Seca	gr/cm ³	2.244	2.28	2.299	2.244

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) **2.300**
Óptimo Contenido de Humedad (%) **5.88**

RELACIÓN HUMEDAD vs DENSIDAD SECA



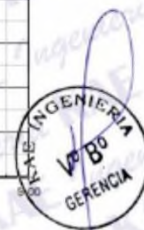
Observación:

- La muestra fue proporcionada por el solicitante.
- La máxima densidad seca corregida será tomada en función al cuadro de variación de porcentaje de grava o calculado con la ecuación presentada en el gráfico final.



Vicet. Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 15087

Ejec.: H.L.D.
Rev.: H.L.V.





KAE Ingeniería

**Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales**

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

PROYECTO : REHABILITACIÓN DEL LOCAL ESCOLAR VILLA MARÍA CON CÓDIGO LOCAL N°037899 SANTA – ANCASH – PERU 2022	REGISTRO N° : CC-RLE-PM-01
SOLICITA : C&R CLERQUE INVERSIONES	PÁGINA N° : 02 de 02
UBICACIÓN : Distrito: Nuevo Chimbote; Provincia: Santa; Departamento: Ancash	CANTERA : San Pedro
TIPO DE SUELO : Afirmado	FECHA : 29/12/2022

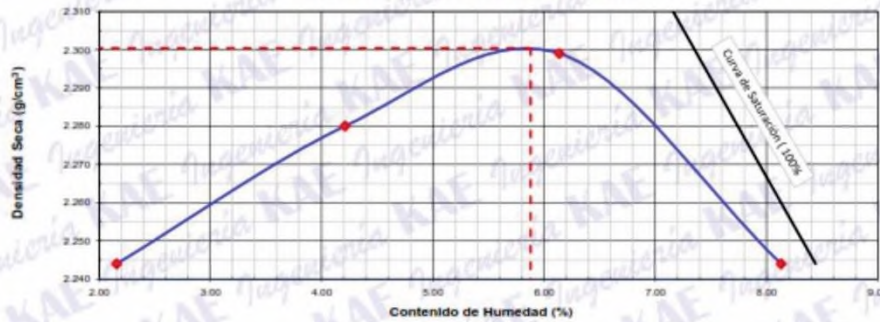
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO

(ASTM - D1557 - 12e1)

DESCRIPCIÓN		Ensayos Realizados				
		1	2	3	4	5
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	2.292	2.376	2.440	2.426	
Contenido de agua	%	2.16	4.21	6.14	6.13	
Densidad seca	gr/cm ³	2.244	2.25	2.299	2.244	

Máxima Densidad Seca (gr/cm³) **2.300**
Óptimo Contenido de Humedad (%) **5.88**

RELACIÓN HUMEDAD vs DENSIDAD SECA



CORRECCIÓN DE HUMEDAD Y DENSIDAD POR MATERIAL DE SOBRE DIMENSIÓN

ASTM D4716 / D4716M-15

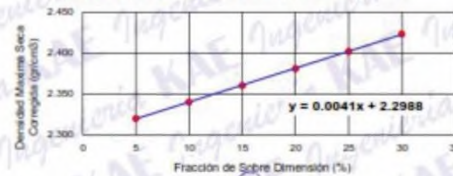
G _H	Gravedad específica aparente de sobre dimensión	⇒	2.770
P _C	Porcentaje de fracción de sobre dimensión	⇒	15.0 %
P _F	Porcentaje de fracción fina	⇒	85.0 %
W _C	Contenido de humedad de la grava	⇒	0.50 %
	Densidad Máxima Seca Corregida	⇒	2.360 gr/cm³
	Contenido de Humedad Óptima Corregida	⇒	5.07 %

VARIACIONES DE GRAVA INSITU (%)						
5	10	15	20	25	30	
95	90	85	80	75	70	
0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
2.320	2.340	2.360	2.381	2.402	2.423	
5.61	5.34	5.07	4.80	4.54	4.27	

Observaciones:

- La máxima densidad seca corregida se toma en función al cuadro de variación de porcentaje de grava calculado con la ecuación presentada en el gráfico final.
- "y" es el % de grava insitu retenida en el tamiz de separación.
- La muestra fue proporcionada por el solicitante.

GRAVA INSITU vs DENSIDAD MÁXIMA SECA CORREGIDA



Vicent Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 116067



Ejec: H.L.D.
Rev: H.L.V.



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

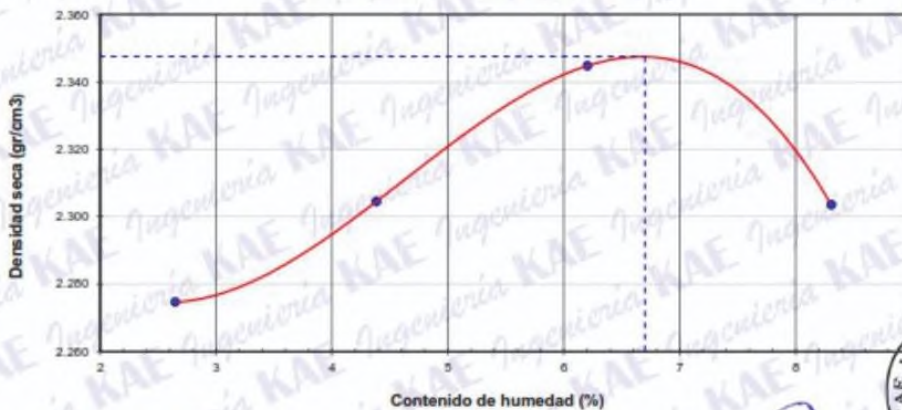
PROYECTO : COMPARACION ENTRE LOS METODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022	REGISTRO N°: CC-RLE-CBR-01
SANTA – ANCASH – PERU 2022	PAGINA N°: 01 de 03
SOLICITA : Tesistas Mori Balarezo Dara y Vergara Torres Rocio	
UBICACIÓN : Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	FECHA: 29/12/2022

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / ASTM D1883

Datos de la Muestra	
Cantera : <u>San Pedrito</u>	Clasificación (SUCS) : <u>SP-SM</u>
Muestra : <u>Afirmado</u>	Clasificación (AASHTO) : <u>A-1-b (0)</u>

Peso suelo + molde	gr	8240.00	8390.00	8570.00	8580.00
Peso molde	gr	3280.00	3280.00	3280.00	3280.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	4960.00	5110.00	5290.00	5300.00
Volumen del molde	cm ³	2124.31	2124.31	2124.31	2124.31
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	2.33	2.41	2.49	2.49
Recipiente N°		5	26	3	12
Peso del suelo húmedo+tara	gr	316.20	298.90	311.10	288.90
Peso del suelo seco + tara	gr	309.40	288.50	295.90	271.00
Tara	gr	52.50	51.20	50.90	55.50
Peso de agua	gr	6.80	10.40	15.20	17.90
Peso del suelo seco	gr	256.90	237.30	245.00	215.50
Contenido de agua	%	2.65	4.38	6.20	8.31
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.275	2.304	2.345	2.304
Densidad máxima (gr/cm³)					2.348
Humedad óptima (%)					6.70

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES:

- La muestra fue proporcionada por el solicitante.

KAE Ingeniería
Viggo Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. COP N° 15087



Pje. Fátima - Mz. Y°, Lt. 1A - P.J. Miraflores Alto - Chimbote
Celular: 954444061 - 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com



Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

KAE Ingeniería

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

PROYECTO : COMPARACION ENTRE LOS METODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022	REGISTRO N°: CC-RLE-CBR-01
<u>SANTA – ANCASH – PERU 2022</u>	PAGINA N°: 02 de 03
SOLICITA : Testistas Mori Balarezo Dara y Vergara Torres Rocio	FECHA: 29/12/2022
UBICACIÓN : Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

Datos de la Muestra

Cantera : San Pedroto Clasificación (SUCS) : SP-SM
Muestra : Afirmado Clasificación (AASHTO) : A-1-b (0)

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde N°	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra						
Peso suelo + molde (gr.)	13,640	13,600	13,120	13,190	13,130	13,240
Peso molde (gr.)	6,453	6,453	6,057	6,057	6,173	6,173
Peso suelo compactado (gr.)	5,187	5,227	5,063	5,133	4,957	5,067
Volumen del molde (cm ³)	2,071	2,071	2,090	2,090	2,096	2,096
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,504	2,524	2,422	2,456	2,362	2,415
Densidad Seca (gr./cm ³)	2,347	2,347	2,270	2,270	2,214	2,214

CONTENIDO DE HUMEDAD

	1	2	3
Peso de tara (gr.)	45.60	0.00	50.50
Tara + suelo húmedo (gr.)	296.60	5227.00	326.20
Tara + suelo seco (gr.)	282.70	4961.02	306.80
Peso de agua (gr.)	15.90	365.98	367.70
Peso de suelo seco (gr.)	237.10	4961.02	266.40
Humedad (%)	6.71	7.33	8.17

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr.	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
NO PRESENTA											

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (Lb/pulg ²)	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		lb	lb/pulg ²	lb/pulg ²	CBR %	lb	lb/pulg ²	lb/pulg ²	CBR %	lb	lb/pulg ²	lb/pulg ²	CBR %
0.025		416	136.6			259	84.6			227	74.3		
0.050		1051	343.6			646	211.3			456	149.2		
0.075		1606	511.5			1192	389.6			743	243.0		
0.100	1000	2511	821.3	930.0	93.0	1743	570.0	600.0	60.6	990	323.7	320.0	32.0
0.150		4060	1326.1			2635	862.0			1465	479.3		
0.200	1500	5541	1812.5	1620.0	121.3	3679	1203.2	1210.0	80.7	1979	647.3	660.0	44.6
0.300		7734	2529.6			5276	1726.4			2967	970.3		
0.400		9163	3003.6			6742	2205.1			3903	1276.7		
0.500		10601	3467.4			7927	2592.9			4520	1476.5		

OBSERVACIONES:

- La muestra fue proporcionada por el solicitante.

Alfredo Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
R.E.G. CUI N° 115087





Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

KAE Ingeniería

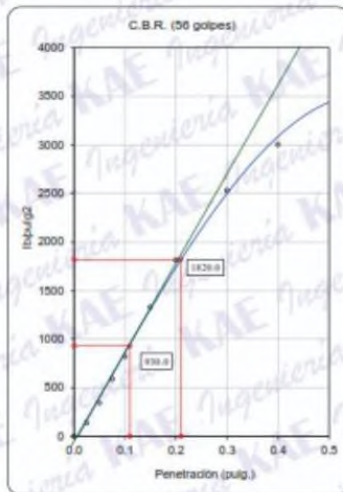
Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

PROYECTO : COMPARACION ENTRE LOS METODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022	REGISTRO N°: CC-RLE-CBR-01
SANTA - ANCASH - PERU 2022	PAGINA N°: 03 de 03
SOLICITA : Testistas Mori Balarezo Dara y Vergara Torres Rocio	
UBICACIÓN : Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	FECHA: 29/12/2022

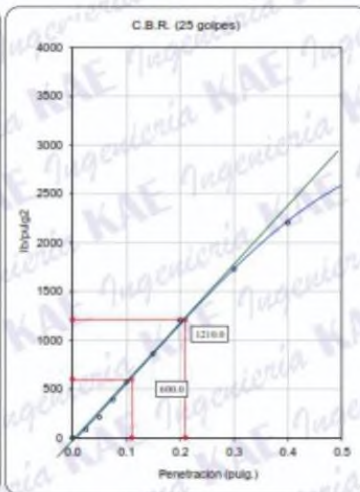
ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

Datos de la Muestra

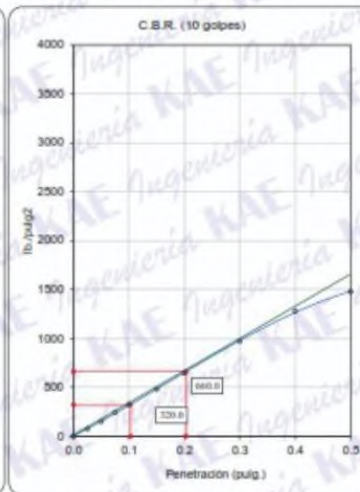
Cantera : San Pedro Clasificación (SUCS) : SP-SM Máxima Densidad Seca : 2.345 gr./cm³
Muestra : Afirmado Clasificación (AASHTO) : A-1-b (0) Máxima Densidad Seca al 95% : 2.230 gr./cm³



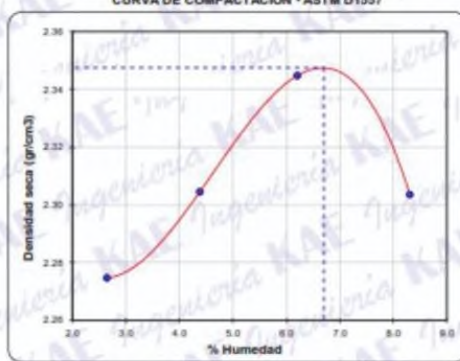
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 93.0%



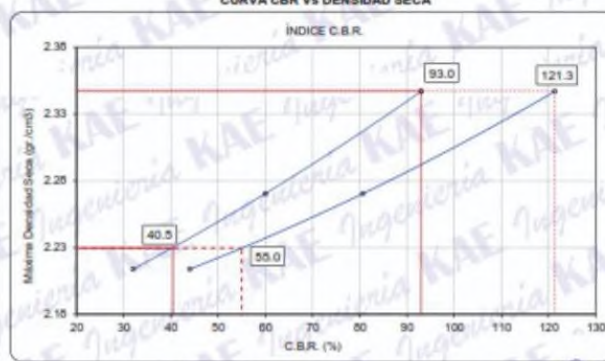
C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 60.0%



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 32.0%



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 93.0%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 40.5%



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 121.3%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 55.0%

OBSERVACIONES:

- La muestra fue proporcionada por el solicitante.

Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. C. 117 N° 116087





KAE Ingeniería

Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

PROYECTO :	COMPARACION ENTRE LOS METODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022	REGISTRO N° :	CC-RLE-ABR-01
SOLICITA :	Tesistas Mori Balarezo Dara y Vergara Torres Rocio	PAGINA N° :	01 de 01
UBICACIÓN :	Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	FECHA :	29/12/2022

ABRASIÓN LOS ÁNGELES
(ASTM C-535 , MTC E207)

Información de Muestra y Ensayo

Material : Afirmado Gradación : A N° Revoluciones : 500
Cantera : San Pedrito N° Esferas : 12

Peso inicial	gr	5006
Peso final retenido en el tamiz N°12	gr	4297
Coefficiente de desgaste	%	14.16%

Porcentaje de Desgaste 14%

OBSERVACIONES:

La muestra fue proporcionada por el solicitante.



Vicior Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. COPI N° 116087





KAE Ingeniería

Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

PROYECTO :	COMPARACION ENTRE LOS METODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022 SANTA – ANCASH – PERU 2022	REGISTRO N° :	CC-RLE-EQU-01
SOLICITA :	Tesistas Mori Balarezo Dara y Vergara Torres Rocio	PÁGINA N° :	01 de 01
UBICACIÓN :	Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	FECHA :	29/12/2022

VALOR DE EQUIVALENTE DE ARENA

(ASTM D-2419 , MTC E114)

Información de Muestra y Ensayo

Material : Afirmado N° Oscilaciones : 90 ciclos
Cantera : San Pedrito Método : Agitación Manual

Determinación N°	1	2	3
Saturación Inicial	10:15 AM	10:17 AM	10:19 AM
Saturación Final	10:25 AM	10:27 AM	10:29 AM
Prueba de ensayo inicial	10:27 AM	10:29 AM	10:31 AM
Prueba de ensayo final	10:47 AM	10:49 AM	10:51 AM
Lectura - Arcilla retenida pulg.	5.0	4.9	5.1
Lectura - Arena retenida pulg.	3.4	3.3	3.4
Equivalencia de arena %	68	67	67
Equivalencia de arena promedio %	67.3		

EA = 68%

OBSERVACIONES:

La muestra fue proporcionada por el solicitante.



Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 116087





KAE Ingeniería

Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

PROYECTO : <u>COMPARACION ENTRE LOS METODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022</u>	REGISTRO N° : <u>CC-RLE-DUR-01</u>
<u>SANTA – ANCASH – PERU 2022</u>	PAGINA N° : <u>01 de 01</u>
SOLICITA : <u>Testistas Mori Balarezo Dara y Vergara Torres Rocio</u>	
UBICACIÓN : <u>Distrito: Nuevo Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash</u>	FECHA : <u>29/12/2022</u>

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO O SULFATO DE MAGNESIO
(ASTM C-88, MTC E209, NTP 400.016)

Información de Muestra y Ensayo

Material : Afirmado Clase de Solución : Sulfato de Sodio Ciclos : 5
Cartera : San Pedro Inmersión de Muestra : 16 a 18 horas por ciclos

AGREGADO GRUESO - ANALISIS CUANTITATIVO

N°	Tamaño	%	Peso Requerido gr	Peso Inicial gr	Peso Final gr	Perdida de Peso gr	Perdida de Peso %	Gradación Original %	Perdida Corregida %
1	2 1/2" a 1 1/2"		5000 ± 300						
	2 1/2" a 2"	60	3000 ± 300						
2	2" a 1 1/2"	40	2000 ± 200						
	1 1/2" a 3/4"		1500 ± 50						
	1 1/2" a 1"	67	1000 ± 50	1020	1015.0	5.0	0.49	20.5	0.100
3	1" a 3/4"	33	500 ± 30	514	510.0	4.0	0.78	7.1	0.055
	3/4" a 3/8"		1000 ± 10						
	3/4" a 1/2"	67	670 ± 10	670	660.0	10.0	1.49	22.7	0.339
4	1/2" a 3/8"	33	330 ± 5	332	314.0	18.0	5.42	10.2	0.555
	3/8" a N°4		300 ± 5	300	291.0	9.0	3.00	29.4	0.883
TOTAL DE DESGASTE									1.93%

AGREGADO FINO - ANALISIS CUANTITATIVO

Tamaño	Peso Requerido gr	Peso Inicial gr	Peso Final gr	Perdida de Peso gr	Perdida de Peso %	Gradación Original %	Perdida Corregida %
3/8 a N°4	100	100.0	98.5	1.5	1.50	60.8	0.912
N°4 a N°8	100	100.0	98.2	1.8	1.80	11.4	0.205
N°8 a N°16	100	100.0	97.9	2.1	2.10	6.4	0.134
N°16 a N°30	100	100.0	98.4	1.6	1.60	3.9	0.063
N°30 a N°50	100	100.0	97.1	2.9	2.90	2.9	0.084
N°50 a N°100				-		9.2	-
Pasan N°100				-		5.4	-
TOTAL DE DESGASTE							1.40%

OBSERVACIONES:

La muestra fue proporcionada por el solicitante.

KAE Ingeniería
Alberto Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 15087





Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

KAE Ingeniería

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

PROYECTO : COMPARACION ENTRE LOS METODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022	REGISTRO N°: CC-ELEV-CF-01
	PAGINA N°: 01 de 01
SOLICITA : Tesistas Mori Balarezo Dara y Vergara Torres Rocio	MATERIAL : Afirmado
UBICACION : Distrito: Nuevo Chimbote - Provincia: Santa - Dpto: Ancash	CANTERA : San Pedrito
	FECHA: 29/12/2022

PORCENTAJE DE PARTICULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO
(MTC E210)

Con Una Cara de Fractura						
Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E
Pasa	Retenido	(g)	(g)	((B / A)*100)	(%)	(C x D)
2"	1 / 1/2"					
1 / 1/2"	1"	2000	545.5	27.3	40.0	10.9
1"	3 / 4 "	1500	426.9	28.5	30.0	8.5
3 / 4 "	1/2"	1200	511.2	42.6	24.0	10.2
1/2"	3 / 8"	300	85.5	28.5	6.0	1.7
Total		5000	1569.1	126.8	100.0	31.4
Porcentaje de Partículas con una Cara Fracturada						31.4%

Con Dos Caras de Fractura						
Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E
Pasa	Retenido	(g)	(g)	((B / A)*100)	(%)	(C x D)
2"	1 / 1/2"					
1 / 1/2"	1"	2000	1352.2	67.6	40.0	27.0
1"	3 / 4 "	1500	954.2	63.6	30.0	19.1
3 / 4 "	1/2"	1200	521.2	43.4	24.0	10.4
1/2"	3 / 8"	300	132.4	44.1	6.0	2.6
Total		5000	2960.0	218.8	100.0	59.2
Porcentaje de Partículas con dos o mas Caras de Fractura						59.2%
Partículas con una ó mas caras de Fractura						91%

Resultados

CARAS DE FRACTURA =	91%	Partículas con Una o mas Caras Fracturadas
	59%	Partículas con Dos o mas Caras Fracturadas

A	Peso de la Muestra
B	Peso del material con caras de Fractura
C	Porcentaje de Caras Fracturadas
D	Gradación Original
E	Promedio de Caras de Fractura

OBSERVACIONES: Las muestras fueron proporcionadas por el solicitante.

Rev. H.L.V.
Ejec. H.L.D.

Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 116087





Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

PROYECTO : COMPARACION ENTRE LOS METODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022	REGISTRO N° : CC-ELEV-CHA-01
SANTA – ANCASH – PERU 2022	PAGINA N° : 01 de 01
SOLICITA : Testistas Mori Balarezo Dara y Vergara Torres Rocio	
UBICACION : Distrito: Nuevo Chimbote - Provincia: Santa - Departamento: Ancash	FECHA : 29/12/2022

PARTICULAS CHATAS, ALARGADAS, ó PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS EN AGREGADOS GRANULARES
(ASTM D-4791, MTC E223)

Relación Dimensional	1 : 5
----------------------	-------

Información de Muestra y Ensayo

Cantera : San Pedrito

Material : Afirmado

MATERIAL		AGREGADO GRUESO			PARTICULAS CHATAS		PARTICULAS ALARGADAS		PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS		PARTICULAS NI CHATAS, NI ALARGADAS	
Tamiz	Abertura	PESO (A) gr	RETENIENE (C) %	PASA %	PESO (E) gr	%	PESO (F) gr	%	PESO (G) gr	%	PESO (H) gr	%
(pulg)	(mm)											
3 "	76.200											
2 "	50.800											
1 1/2 "	38.100	2213.5	15.81	84.19	254.20	2.60	163.60	1.67	106.30	1.09	1689.40	17.26
1 "	25.400	1142.2	8.16	76.03	301.20	3.08	204.10	2.09	284.70	2.91	352.20	3.60
3 / 4 "	19.050	1341.2	9.58	66.45	485.60	4.96	216.90	2.22	369.90	3.78	268.80	2.75
1 / 2 "	12.700	2850.0	20.36	46.09	414.90	4.24	311.10	3.18	289.80	2.96	1834.20	18.74
3 / 8 "	8.750	2241.0	16.01	30.08	255.80	2.61	202.90	2.07	220.10	2.25	1562.20	15.96
1 / 4 "	6.350	3169.7	22.64	7.44								
Nº 04	4.760	1040.8	7.44									
Peso Total de la Muestra (B)		13 998.4										
Peso de la Muestra de Ensayo (D) (Retenido 3/8")		9 787.9										

RESULTADOS
(Promedio Ponderado)

PARTICULAS CHATAS	17.0 %
PARTICULAS ALARGADAS	11.0 %
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	13.0 %

Fórmulas :

$$\text{Partículas Chatas / Alargadas ó Partículas Chatas y Alargadas (\%)} = \left[\left(\frac{E}{A} \times 100 \right) + \left(\frac{A}{D} \times 100 \right) \right] \times 100$$

Donde:

- | | | | |
|----------|--|----------|-----------------------------------|
| A | Peso retenido en cada tamiz | F | Partículas Alargadas |
| B | Peso Total de la Muestra Agregado Granular | G | Partículas Chatas y Alargadas |
| C | % Retenido en la muestra total | H | Partículas ni Chatas ni Alargadas |
| D | Peso de la Muestra de Ensayo (Retenido 3/8") | | |
| E | Partículas Chatas | | |

Víctor Alfonso Herrera Lázaro
 INGENIERO CIVIL
 REG. C.O.P. Nº 116087



Rev. H.L.V.
Ejec. H.L.D.

Pje. Fátima • Mz. Y', Lt. 1A • P.J. Miraflores Alto • Chimbote
 Celular: 954444061 • 969785163; Email: kaeingenieria@gmail.com



KAE Ingeniería

Control de Calidad en Mecánica de Suelos, Concreto y Asfalto. Perfiles y Expedientes Técnicos
Prestación de Servicios Generales

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

ANÁLISIS QUÍMICO DE SUELOS

MTC E 219 – MTC E 213

PROYECTO : COMPARACION ENTRE LOS METODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022

SOLICITADO : Tesistas Mori Balarezo Dara y Vergara Torres Rocio

UBICACIÓN : Distrito: Nuevo Chimbote, Provincia: Santa, Departamento: Ancash

FECHA : 29/12/2022

Cantera: San Pedrito

Material: Afirmado

MUESTRA	ANÁLISIS	
	SALES TOTALES (%)	SALES TOTALES (ppm)
AFIRMADO	0.48	4846

MUESTRA	ANÁLISIS
	MATERIA ORGÁNICA (%)
AFIRMADO (AGREGADO FINO)	0.44

Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 110087



Anexo 8. Panel Fotográfico

TRABAJOS EN CAMPO



Foto 1. Conteo vehicular y registro en el formato del MTC, durante el día



Foto 2. Conteo vehicular y registro en el formato del MTC, durante la noche



Foto 3. Levantamiento Topográfico con Estación Total en el área de estudio.



Foto 4. Calicata C-01



Foto 5. Calicata C-02



Foto 6. Calicata C-03



Foto 7. Extracción de muestra, Calicata C-04



Foto 8. Calicata C-05



Foto 9. Calicata C-06

TRABAJOS EN LABORATORIO



Foto 10. Cuarteo de muestra representativa de las calicatas



Foto 11. Determinación del contenido de humedad, peso de la muestra y colocación en el horno



Foto 12. Todas las muestras en el horno



Foto 13. Peso de las muestras secas



Foto 14. Análisis Granulométrico por lavado



Foto 15. Tamices para el análisis granulométrico



Foto 16. Realización de tamizaje de las muestras para determinar su análisis granulométrico



Foto 17. Muestra pasada por el Tamiz N°40 y colocada en la copa casagrande



Foto 18. Determinación del límite líquido



Foto 19. Muestra para el proctor



Foto 20. Humedad a la muestra



Foto 21. Compactación con Proctor Modificado



Foto 22. Enrasado, pesado de la muestra compactada y obtención de muestra representativa para determinar el óptimo contenido de humedad

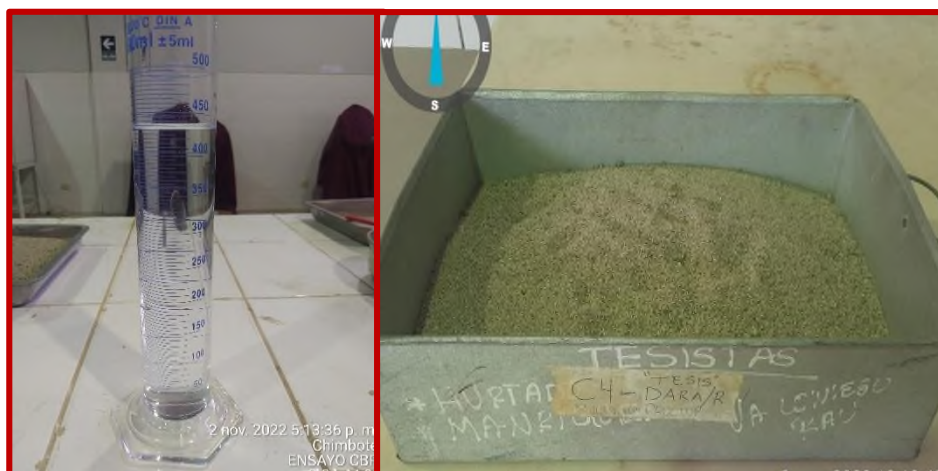


Foto 23. Preparación de muestra, vertiendo su óptimo contenido de humedad



Foto 24. Compactación de la muestra de suelo con su óptimo contenido de humedad, haciendo uso del pisón para CBR



Foto 25. Colocación del papel filtro en los moldes



Foto 26. Colocación de sobre cargas anular, circular y placa perforada en molde CBR



Foto 27. Colocación del dial



Foto 28. Saturación de los moldes



Foto 29. Ensayo de penetración en la prensa hidráulica de CBR, luego de 96 horas en agua



Foto 30. Toma de muestra de suelo después del ensayo de penetración, y posterior pesado para determinar su contenido de humedad

Anexo 9. Planos

COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

6%

FUENTES DE INTERNET

10%

PUBLICACIONES

12%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	1library.co Fuente de Internet	5%
2	Submitted to Universidad Senor de Sipan Trabajo del estudiante	3%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	3%
4	Submitted to Universidad Continental Trabajo del estudiante	2%
5	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	1%
7	Hernández Carmona Jesús Eduardo, Hernández Palma Hugo Alberto.	1%

"Diseño de pavimentos rígidos y flexibles de altas especificaciones", TESIUNAM, 2015

Publicación

8

Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola

Trabajo del estudiante

1 %

9

Berriel Buenfil Saúl Alberto. "Estudio geotécnico de terracerías y pavimentos Cortijo Nuevo - Nuevo Progreso, del km. 0+000 al km. 8+000, ubicado en el Estado de Tabasco", TESIUNAM, 2022

Publicación

<1 %

10

"Estudio comparativo de la sensibilidad de la metodología de diseño estructural de pavimentos flexibles : método AASHTO 93 y ME-PDG V 1.1", Pontificia Universidad Catolica de Chile, 2013

Publicación

<1 %

11

Submitted to Universidad Nacional Jose Faustino Sanchez Carrion

Trabajo del estudiante

<1 %

12

Barroso Huerta Andrés. "Estudio geotécnico y diseño del pavimento de la obra : libramiento de San Miguel de Allende tramo: del km 3+000 al km 33+000", TESIUNAM, 2015

Publicación

<1 %

13

Becerril Valencia Antonio, Miranda Becerril Diego Iván. "Procedimiento constructivo de

<1 %

pavimentos flexibles en la carretera :
barranca larga en el Estado de Oaxaca",
TESIUNAM, 2016

Publicación

14

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

<1 %

15

Submitted to Universidad Católica de Santa
María

Trabajo del estudiante

<1 %

16

Silva Torres José Guadalupe. "Criterios de
elección de pavimento rígido y/o flexible en la
autopista de cuota Chamapa-La Venta",
TESIUNAM, 2008

Publicación

<1 %

17

Martinez Martinez Conrado, Trejo Pastrana
José Alfredo. "Análisis comparativo entre
pavimentos flexibles y pavimentos rígidos",
TESIUNAM, 2003

Publicación

<1 %

18

Lizarraga López José Manuel. "Diseño y
construcción de pavimentos flexibles
aplicando geomallas de polipropileno como
sistema de reforzamiento estructural",
TESIUNAM, 2013

Publicación

<1 %

19

estudiosarabes.org

Fuente de Internet

<1 %

20

Inciarte Melean Carmen. "Análisis comparativo de métodos de diseño y construcción de pavimentos de concreto hidráulico según normas aplicadas en México, Reino Unido y España", TESIUNAM, 2012

Publicación

<1 %

21

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

<1 %

22

AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE
SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AMBIDES
S.A.C.. "ITS para la Ampliación de Operaciones de la Infraestructura para la Disposición Final de Residuos Sólidos No Peligrosos del Ámbito de la Gestión No Municipal, Innova Ambiental - Chilca para la Disposición Final de Residuos Municipales-IGA0012803", R.D. N° 00005-2021-SENACE-PE/DEIN, 2021

Publicación

<1 %

23

Tamariz Sanchez Israel. "Interaccion estructural entre capas de pavimento flexible", TESIUNAM, 1997

Publicación

<1 %

24

Coria Gomez Monica del Carmen. "Diseno de pavimentos con concreto compactado con rodillos", TESIUNAM, 1995

Publicación

<1 %

25

Osuna Ruíz Rafael Eduardo. "Propuesta para la implementación de un sistema de administración de pavimentos para la red vial de la ciudad de Mazatlán, Sin.", TESIUNAM, 2008

Publicación

<1 %

26

Reyes Valle Bulmaro. "Aplicacion metodologica en el diseño de pavimentos flexibles en carreteras de altas especificaciones y avances tecnologicos", TESIUNAM, 2006

Publicación

<1 %

27

González López Anastacio. "Diseño estructural de un pavimento rígido para el Centro Operativo Estafeta, localizado en la Avenida San Pablo Xalpa No. 331, Colonia San Pablo Xalpa en la Ciudad de México, D.F.", TESIUNAM, 2011

Publicación

<1 %

28

Valle Valenzuela Jorge Eduardo del. "Apuntes de comportamiento de suelos", TESIUNAM, 2011

Publicación

<1 %

29

Calderón Flores Eduardo Santiago. "Métodos de rehabilitación en pavimentos flexibles", TESIUNAM, 2011

Publicación

<1 %

30

"Estudio del diseño estructural y constructivo de pavimentos articulados en base a bloques de asfalto", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2012

Publicación

<1 %

31

Submitted to Universidad Alas Peruanas

Trabajo del estudiante

<1 %

32

Rivera Carmona Delfino. "Diseño de pavimentos en obras de urbanización", TESIUNAM, 2009

Publicación

<1 %

33

Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego

Trabajo del estudiante

<1 %

34

Avendaño Gonzalez Alfredo, Ramos Gutierrez Leonardo de Jesus, Martinez Gongora Agustin Omar. "Proceso constructivo de la pavimentacion del tramo Km 160 + 000 al Km 184 + 300 de la carretera : Uruapan - Nueva Italia - Lazaro Cardenas", TESIUNAM, 2002

Publicación

<1 %

35

Sandoval Tapia Javier. "Diseño del pavimento rígido para la calle efrén capiz en la colonia valle de las delicias en la ciudad de uruapan, michoacán.", TESIUNAM, 2014

Publicación

<1 %

36

Flores Sanchez Diego. "Construccin, conservacion y recuperacion de pavimentos en la Ciudad de Mexico", TESIUNAM, 2001

Publicación

<1 %

37

León Cruz Hesiquia. "Anteproyecto de una autopista de cuatro carriles", TESIUNAM, 2010

Publicación

<1 %

38

Marquez Díaz Remigio. "Estudios relativos para el diseño y construccion de una planta de almacenamiento de gas licuado de petroleo", TESIUNAM, 2004

Publicación

<1 %

39

"Proceedings of the 6th Brazilian Technology Symposium (BTSym'20)", Springer Science and Business Media LLC, 2021

Publicación

<1 %

40

AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AMBIDES S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura de Disposición Final y Planta de Recuperación y Tratamiento de Residuos Sólidos de la Ciudad de La Merced, Distrito y Provincia de Chanchamayo, Región Junín-IGA0001362", R.D. N° 097-2014/DSB/DIGESA/SA, 2020

Publicación

<1 %

41

Urbán Hernández Jesús Humberto. "Estudio Geotécnico para la rehabilitación de un tramo

<1 %

carretero", TESIUNAM, 2012

Publicación

42 Blancas Alva Gustavo. "Estudio geotécnico y diseño estructural del pavimento para la ampliación de la carretera Saltillo-Torreón : tramo del km 160+000 al km 180+000", TESIUNAM, 2011

Publicación

43 ECOLAB S.R.L.. "EIA para el Proyecto de Perforación de 11 Pozos de Desarrollo en el Lote V - Piura-IGA0003453", R.D. N° 250-2009-MEM/AAE, 2021

Publicación

44 WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "Primera Modificación de la DIA del Proyecto Subestación Reque y Variante de Línea de Transmisión en 220 kV Chiclayo Oeste - Guadalupe-IGA0006930", R.D. N° 168-2014-MEM/DGAEE, 2021

Publicación

45 SNC LAVALIN PERU S.A.. "Modificación del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Pozo Rico-IGA0005184", R.D. N° 199-2019/MINEM-DGAAM, 2020

Publicación

46 Arroyo Hilton Nancy Francia. "Diseño y conservación de pavimentos rígidos", TESIUNAM, 2010

47 "Determinación de la confiabilidad implícita en el método de diseño estructural de pavimentos flexibles AASHTO-93 en base a modelos de predicción del deterioro.", Pontificia Universidad Católica de Chile, 2016
Publicación <1 %

48 López Hernandez José Juan, Badillo Ramirez Israel. "Prácticas de diseño y construcción de obras carreteras en México. Caso de estudio : Carretera México-Tuxpan, tramo El Tejocotal", TESIUNAM, 2007
Publicación <1 %

49 CHUQUICHAICO SAMANIEGO ELIAS EDILBERTO. "EIA del Proyecto Planta de Tratamiento y Disposición Final de Residuos Sólidos Añaspampa - Huancayo-IGA0003682", R.D. N° 0126-2010/DIGESA/SA, 2020
Publicación <1 %

50 Norma Cristina Solarte Vanegas. "Efecto en el módulo dinámico de la mezcla asfáltica modificada con añadido de residuos triturados de la industria cerámica", Universitat Politècnica de València, 2022
Publicación <1 %

51 AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE SOCIEDAD ANONIMA CERRADA - AMBIDES S.A.C.. "EIA-SD del Proyecto Infraestructura de <1 %

Disposición Final de Residuos Sólidos No Municipales Peligrosos y No Peligrosos - Relleno de Seguridad La Joya-IGA0017851", R.D. N° 00037-2022-SENACE-PE/DEIN, 2022

Publicación

52

Castillo Galván Ilce Nallely. "Efecto de NanoSiO₂ sobre los límites de consistencia en arcillas del exLago de Texcoco", TESIUNAM, 2018

Publicación

<1 %

53

Loana Henriquez Sanchez. "Probability of failure analysis in flexible pavements through the reliability concept", Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA), 2021

Publicación

<1 %

54

Guerrero García Sergio Gil. "Diseño, fabricación y caracterización de un transformador diferencial de variación lineal (LVDT)", TESIUNAM, 2022

Publicación

<1 %

55

Acosta Munguía José Luis. "El fomento del liderazgo para favorecer el aprendizaje de los niños de preescolar", TESIUNAM, 2014

Publicación

<1 %

56

Díaz Rito José Arturo. "Análisis de los procedimientos constructivos de bases y sub-

<1 %

bases granulares para pavimentos flexibles",
TESIUNAM, 2016

Publicación

57

Nava Gonzalez José Eduardo. "Mantenimiento y conservación de pavimentos flexibles",
TESIUNAM, 1996

Publicación

58

PROYECTOS, ASESORIA, SERVICIOS A LA MINERIA Y ASUNTOS AMBIENTALES SAC - PASMINEA SAC. "Actualización del Plan de Cierre de Minas de la Unidad Minera Suyckutambo-IGA0001346", R.D. N° 160-2016-MEM/DGAAM, 2020

Publicación

59

Rambhatla G Sastry, Sumedha Chahar, Manohar N Viladkar. "Statistical analysis of geo-electric imaging and geotechnical test results – a case study", Journal of Earth System Science, 2018

Publicación

60

WALSH PERU S.A. INGENIEROS Y CIENTIFICOS CONSULTORES. "EIA del Proyecto Línea de Transmisión Local 138 kV S.E. Ilo 3 - S.E. Plaza Toquepala-IGA0007175", R.D. N° 387-2015-MEM/DGAAE , 2021

Publicación

61

"Newspapers collection management: printed and digital challenges", Walter de Gruyter

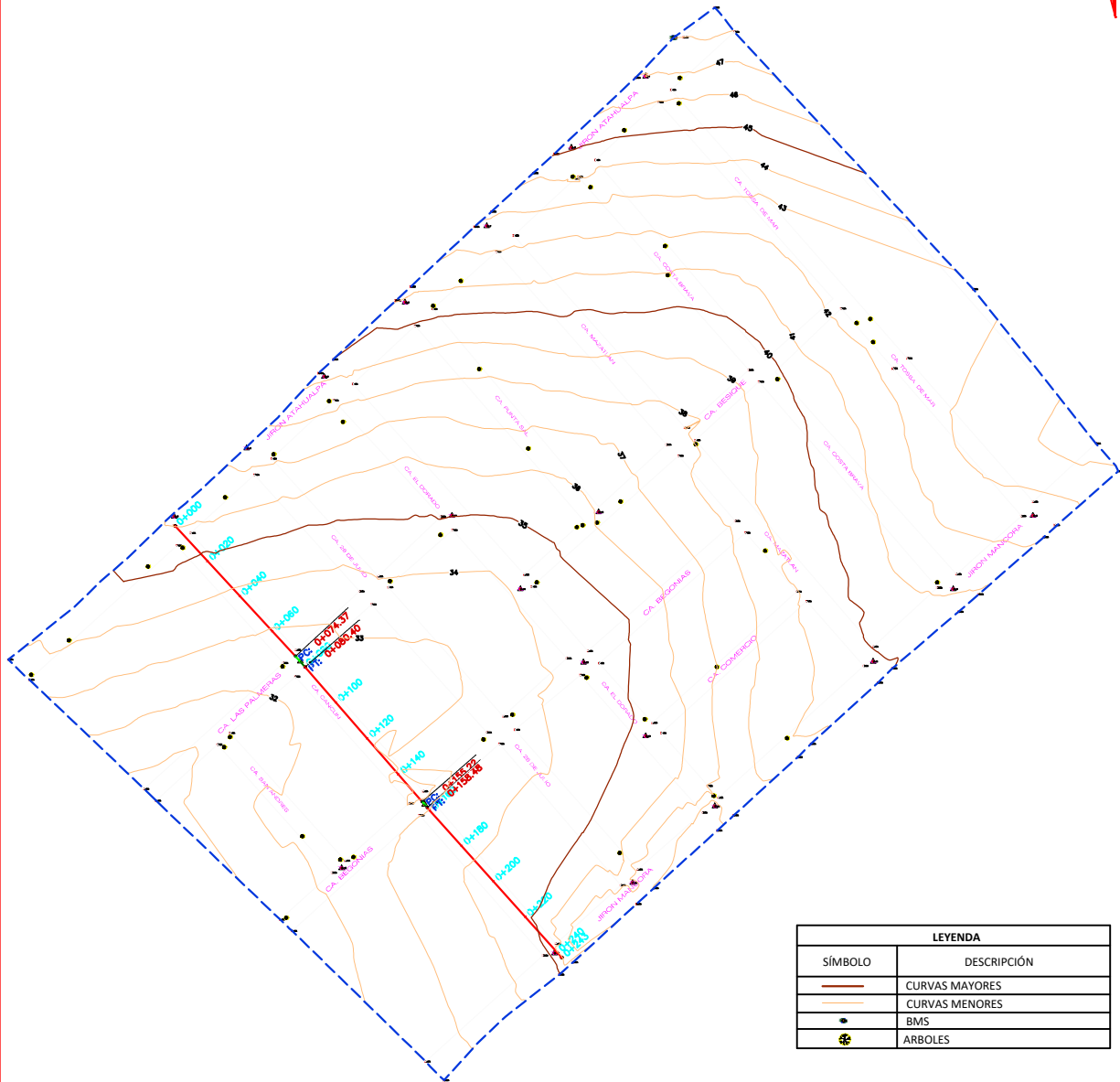
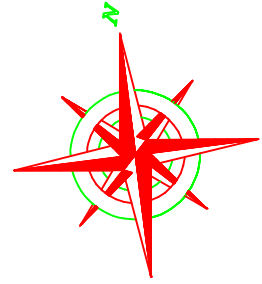
<1 %

<1 %

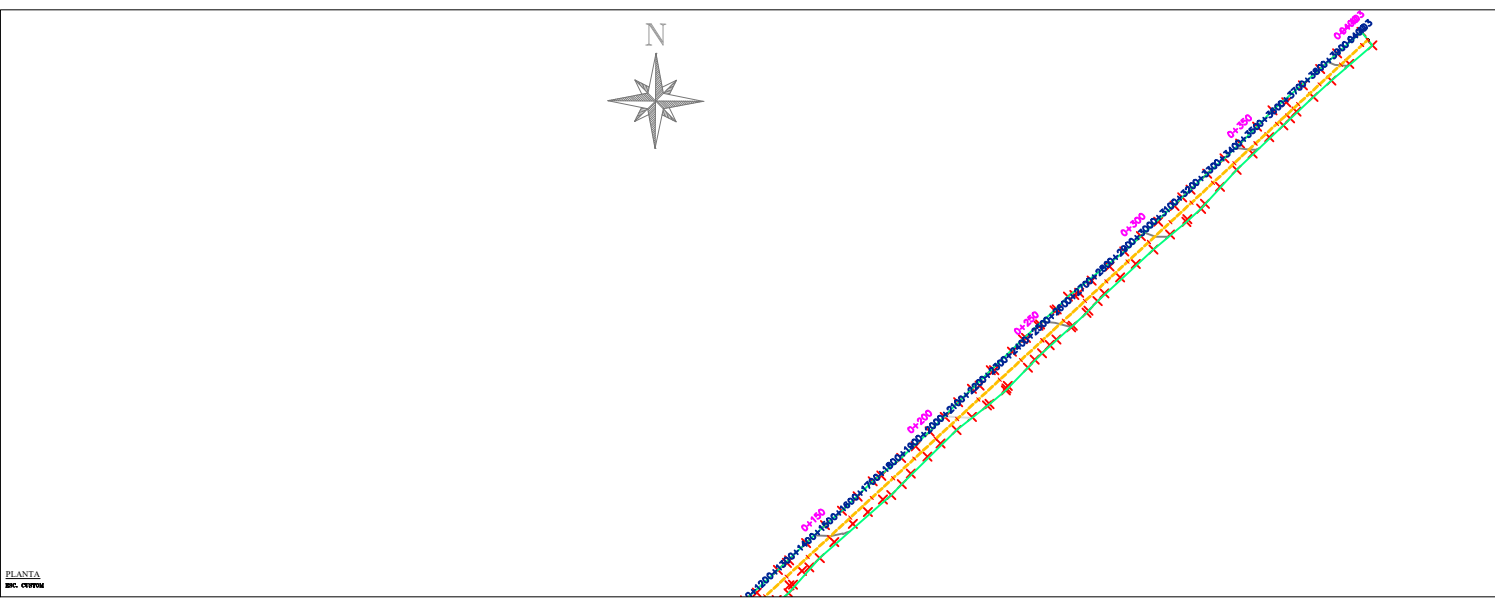
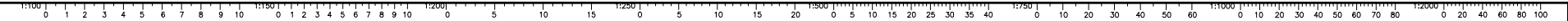
<1 %

<1 %

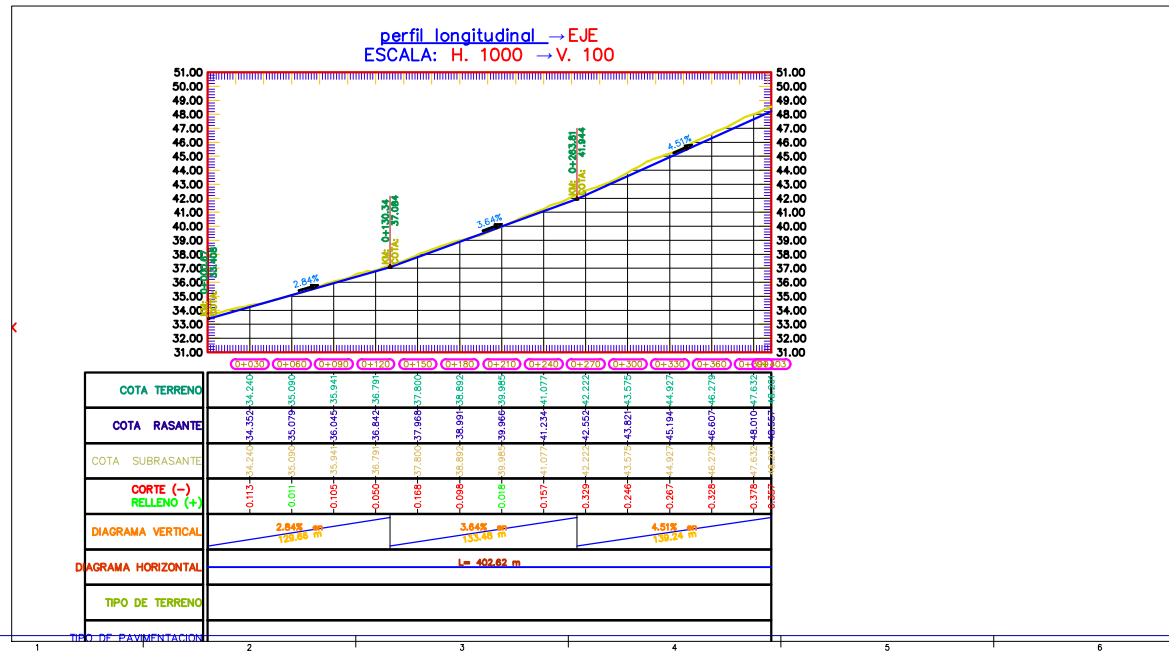
<1 %



LEYENDA	
SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	CURVAS MAYORES
	CURVAS MENORES
	BMS
	ARBOLES



PLANTA
ENC. CIVIL/04



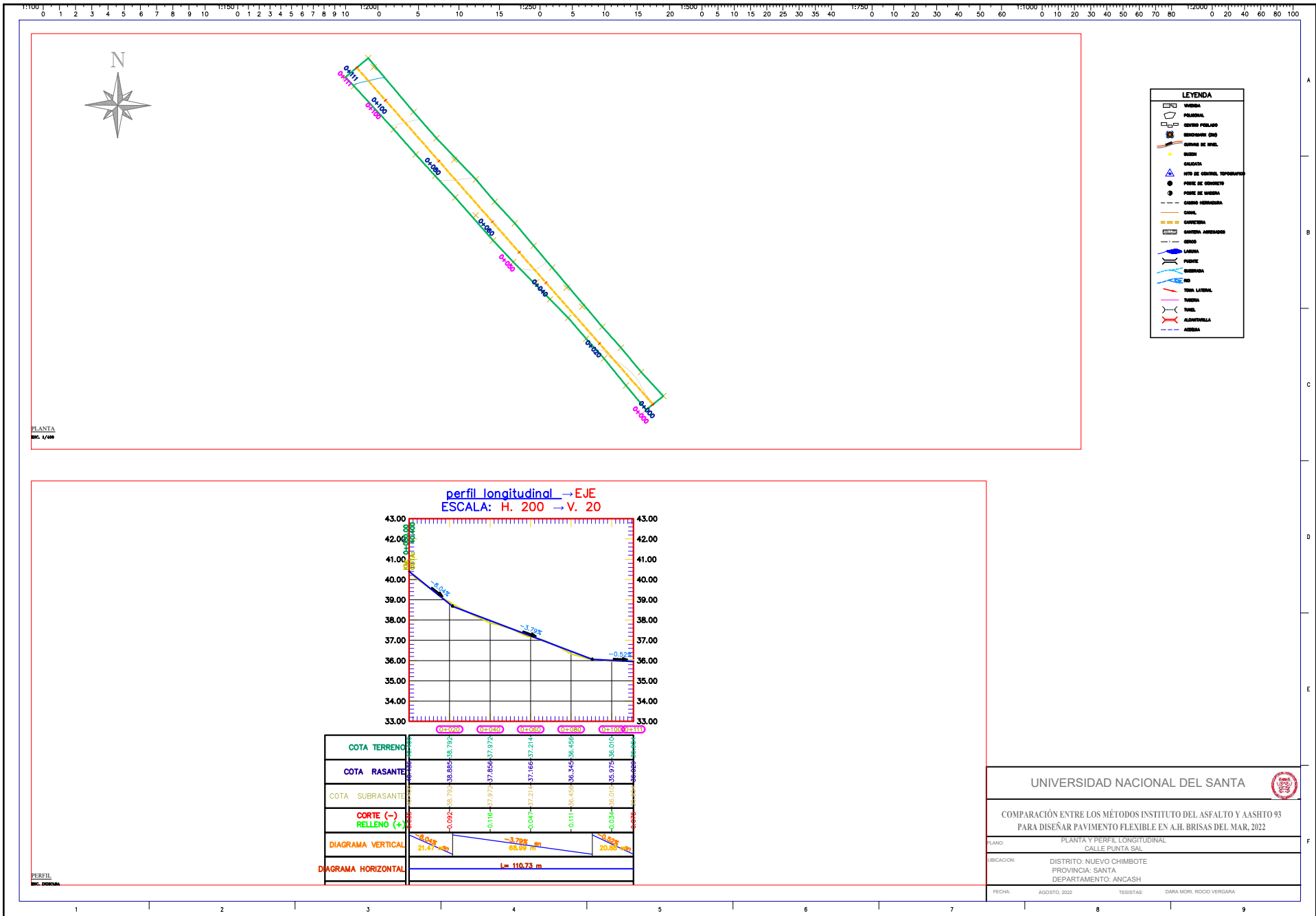
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

PROYECTO:
COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93
PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022

PLANO:
PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
JR. ATAHUALPA

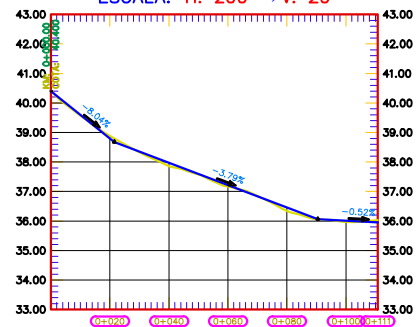
UBICACION:
DISTRITO: NUEVO CHIMBOTE
PROVINCIA: SANTA
DEPARTAMENTO: ANCASH

FECHA: AGOSTO, 2023 TESISISTAS: DARA MORE, ROCIO VERGARA



LEYENDA	
[Symbol]	VIVIENDA
[Symbol]	POLIGONAL
[Symbol]	CENTRO PUEBLO
[Symbol]	INDICADOR EPO
[Symbol]	CANAL DE VENTIL.
[Symbol]	SEÑAL
[Symbol]	CALZADA
[Symbol]	HTO DE CONTROL TOPOGRAFICO
[Symbol]	POSO DE CONCRETO
[Symbol]	POSO DE SANGRIA
[Symbol]	CAMBIO HERRADURA
[Symbol]	CANAL
[Symbol]	CAJONETAS
[Symbol]	CANALIZACION
[Symbol]	CRUJE
[Symbol]	LAGUNA
[Symbol]	PUEBLO
[Symbol]	QUEBRADA
[Symbol]	RIO
[Symbol]	TERRA LATERAL
[Symbol]	TERRERA
[Symbol]	TUNEL
[Symbol]	ALMOCORRILLA
[Symbol]	ANEXA

perfil longitudinal → EJE
 ESCALA: H. 200 → V. 20



COTA TERRENO	42.000	41.000	39.000	37.000	36.000	36.000	36.000
COTA RASANTE	40.000	38.000	37.000	36.000	36.000	36.000	36.000
COTA SUBRASANTE	38.000	37.000	36.000	35.000	35.000	35.000	35.000
CORTE (-)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
RELLENO (+)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DIAGRAMA VERTICAL	21.47	66.99	20.60				
DIAGRAMA HORIZONTAL	L = 110.73 m						

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022

PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
 CALLE PUNTA SAL

UBICACION: DISTRITO: NUEVO CHIMBOTE
 PROVINCIA: SANTA
 DEPARTAMENTO: ANCASH

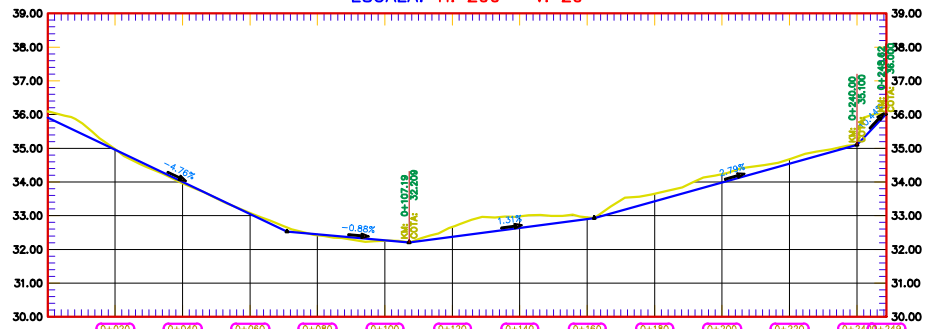
FECHA: AGOSTO, 2022 TESIS: DARA MORI, ROCIO VERGARA



LEYENDA	
	CURVA MAYOR
	CURVA MENOR
	POSTE DE LUZ
	LIMITE DE PROPIEDAD
	ARBUSTO EXISTENTE
	NORTE GEOGRAFICO
	CUADRICULA DE COORDENADAS

PLANTA
ESC. 1/500

perfil longitudinal → EJE
ESCALA: H. 200 → V. 20



COTA TERRENO	36.00	34.957	34.005	33.052	32.448	32.273	32.377	32.640	33.428	33.986	34.543	35.100
COTA RASANTE	34.976	33.958	33.093	32.416	32.269	32.664	32.862	33.651	34.232	34.678	35.085	35.100
COTA SUBRASANTE	34.976	33.958	33.093	32.416	32.269	32.664	32.862	33.651	34.232	34.678	35.085	35.100
CORTE (-) RELLENO (+)	-0.019	-0.041	-0.031	-0.033	-0.013	0.287	0.342	-0.096	-0.223	-0.247	-0.133	-0.005
DIAGRAMA VERTICAL	-4.76% 71.45 m		-0.86% 36.21 m		1.31% 54.92 m		2.78% 77.59 m		10.44% 10.44 m			
DIAGRAMA HORIZONTAL	L = 248.77 m											
TIPO DE TERRENO												
TIPO DE PAVIMENTACION												

PERFIL
ESC. 1/500

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

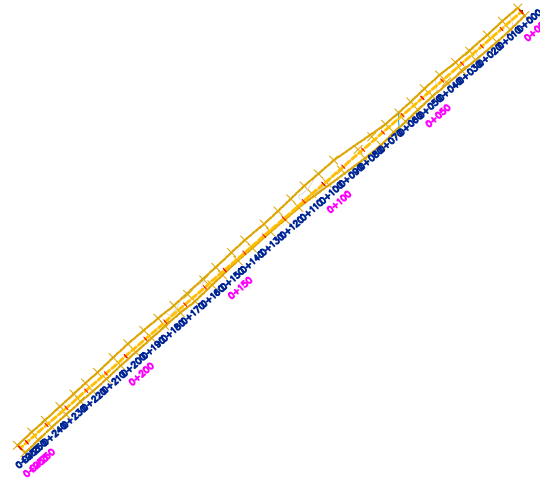


PROYECTO:
COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93
PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022

PLANO:
PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
CALLE CUNCUN

UBICACION:
DISTRITO: NUEVO CHIMBOTE
PROVINCIA: SANTA
DEPARTAMENTO: ANCASH

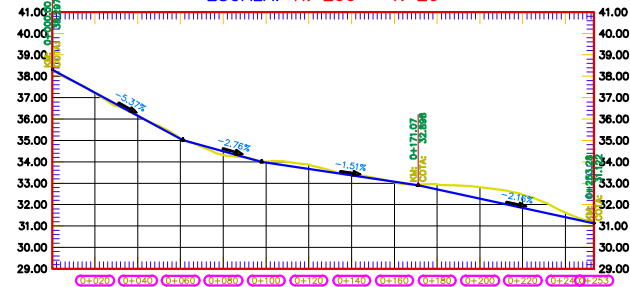
FECHA: AGOSTO, 2022 TESISTAS: DARA MORI, ROCIO VERGARA



LEYENDA	
	CURVA MAYOR
	CURVA MENOR
	POSTE DE LUZ
	LIMITE DE PROPIEDAD
	ARBUSTO EXISTENTE
	NORTE GEOGRAFICO
	CUADRICULA DE COORDENADAS

PLANTA
E.C. 1/200

perfil longitudinal → EJE
ESCALA: H. 200 → V. 20



COTA TERRENO	37.224	37.211	37.224	35.074	34.485	33.864	33.384	32.705	32.274	31.841	31.409	
COTA RASANTE	36.150	36.173	36.150	35.074	34.485	33.864	33.384	32.705	32.274	31.841	31.409	
COTA SUBRASANTE	36.150	36.173	36.150	35.074	34.485	33.864	33.384	32.705	32.274	31.841	31.409	
CORTE (-) RELLENO (+)	-0.015	-0.024	-0.015	-0.016	-0.044	-0.198	-0.033	-0.021	-0.235	-0.545	-0.627	
DIAGRAMA VERTICAL	5.378 m 61.10 m		2.702 m 58.85 m		-1.812 m 73.11 m		-2.162 m 82.21 m					
DIAGRAMA HORIZONTAL	l = 253.28 m											
TIPO DE TERRENO												
TIP DE PAVIMENTACION												

PERFIL
E.C. 1/200

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

PROYECTO: COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022

PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
CALLE BEGONIAS

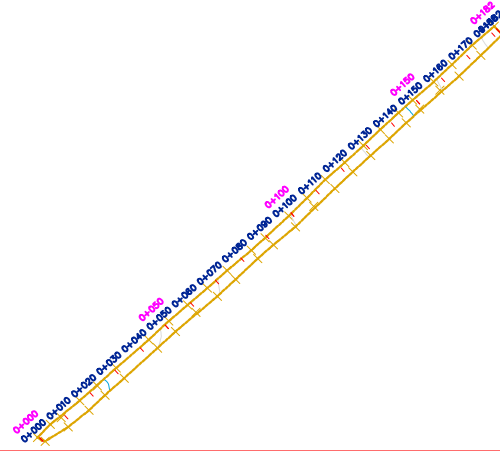
UBICACION: DISTRITO: NUEVO CHIMBOTE
PROVINCIA: SANTA
DEPARTAMENTO: ANCASH

FECHA: AGOSTO, 2023 TESISISTAS: DARA MORI, ROCIO VERGARA

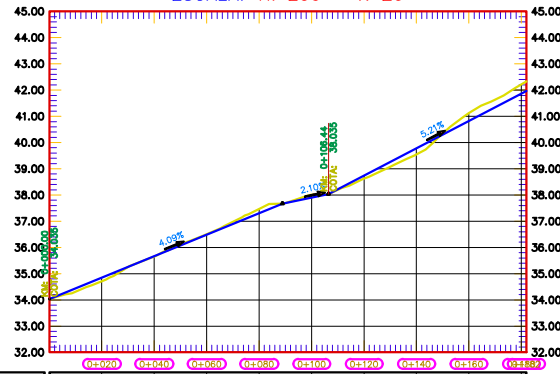


PLANTA
ENC. 1/200

LEYENDA	
	CURVA MAYOR
	CURVA MENOR
	POSTE DE LUZ
	LIMITE DE PROPIEDAD
	ARBUSTO EXISTENTE
	NORTE GEOGRAFICO
	CUADRICULA DE COORDENADAS



perfil longitudinal → EJE
ESCALA: H. 200 → V. 20



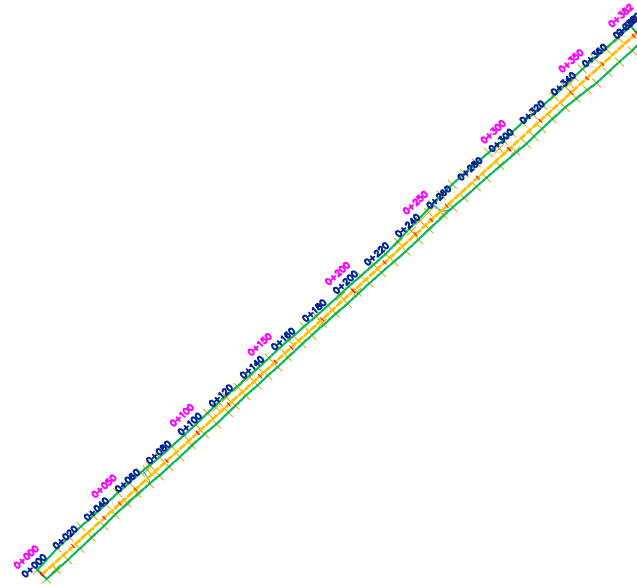
COTA TERRENO	34.000	35.000	36.000	37.000	38.000	39.000	40.000	41.000	42.000
COTA RASANTE	34.712	35.651	36.502	37.461	38.005	38.621	39.355	40.027	40.822
COTA SUBRASANTE	34.852	35.651	36.483	37.304	38.005	38.621	39.355	40.027	40.822
CORTE (-) RELLENO (+)	-0.142	-0.019	-0.483	-0.304	-0.005	0.005	0.000	0.000	0.000
DIAGRAMA VERTICAL	4.00% 88.97 m		2.10% 11.50 m		5.21% 75.01 m				
DIAGRAMA HORIZONTAL	L = 181.87 m								
TIPO DE TERRENO									

PERFIL
ENC. 1/200

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

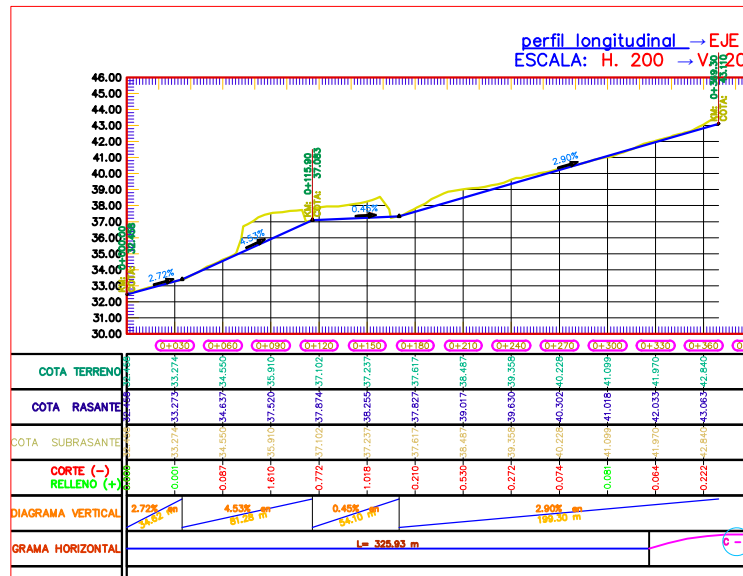


PROYECTO:	COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022		
PLANO:	PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL PASAJE BESIQUE		
UBICACION:	DISTRITO: NUEVO CHIMBOTE PROVINCIA: SANTA DEPARTAMENTO: ANCASH		
FECHA:	AGOSTO, 2023	TESISTAS:	DARA MORI, ROCIO VERGARA



LEYENDA	
	CURVA MAYOR C/2.5m
	CURVA MENOR C/0.5m
	POSTE DE LUZ
	BUZONETA DE DESAGUE
	BUZON DE DESAGUE
	CAJA DE LUZ
	CAJA DE REGISTRO DE DESAGUE
	CAJA DE AGUA
	LIMITE DE PROPIEDAD
	FIRCA
	ESCALERA EXISTENTE
	ARBUSTO EXISTENTE
	NORTE GEOGRAFICO
	PUERTA DE VIVIENDA
	CUADRICULA DE COORDENADAS

PLANTA
Escala: 1/2000



PERFIL
Escala: 1/2000

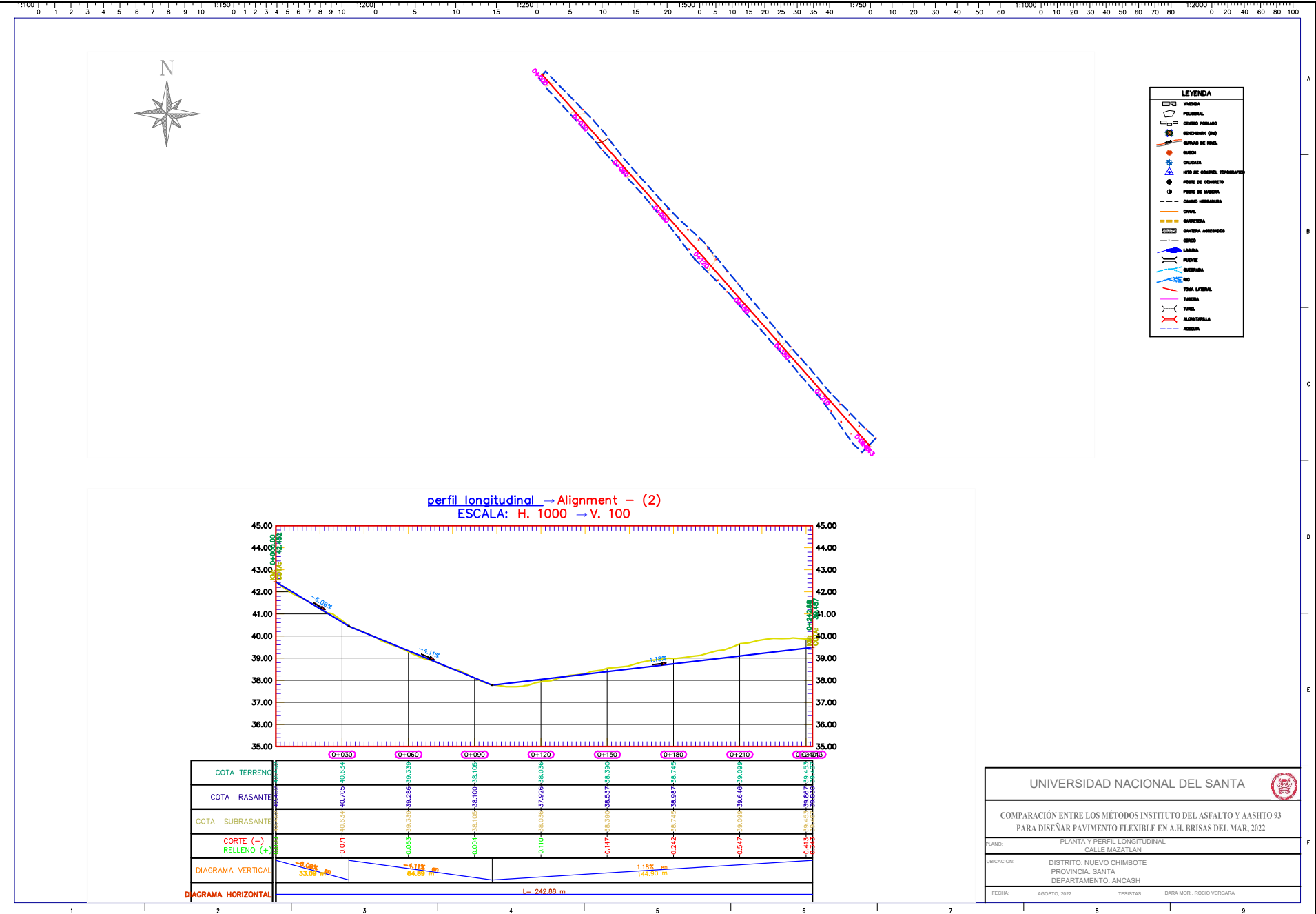
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022

PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
JIRON MANCORA

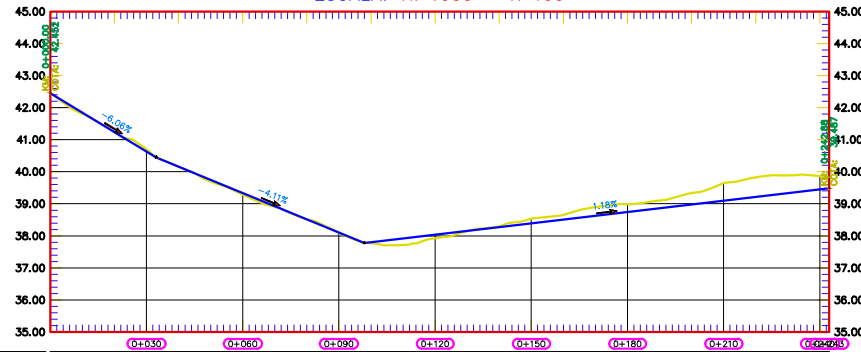
UBICACION: DISTRITO: NUEVO CHIMBOTE
PROVINCIA: SANTA
DEPARTAMENTO: ANCASH

FECHA: AGOSTO, 2022
TESISTAS: DARA MORI, ROCIO VERGARA



LEYENDA	
	VERTICE
	POLIGONAL
	CENTRO PUNTAO
	INTERSECCION EPO
	CAMBIO DE VUEL.
	SUELO
	CALZADA
	HTO DE CONTROL TOPOGRAFICO
	PASE DE CONCRETO
	PASE DE SANGRIA
	CAMBIO HERRADURA
	CANAL
	CANTONERA
	CANTERA ARMADURA
	CERRO
	LAGUNA
	PUEBLO
	QUEBRADA
	RIO
	TUNA LATERAL
	TUNERA
	TUNEL
	ALMOCENA
	ANCHURA

perfil longitudinal → Alignment - (2)
 ESCALA: H. 1000 → V. 100



COTA TERRENO	42.00	39.00	38.00	38.50	39.00	39.50	40.00
COTA RASANTE	40.705	39.286	38.106	38.390	38.537	38.742	39.096
COTA SUBRASANTE	40.634	39.286	38.106	38.390	38.537	38.742	39.096
CORTE (-)	-0.071	-0.005	-0.004	-0.110	-0.147	-0.242	-0.547
RELLENO (+)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
DIAGRAMA VERTICAL	-6.65%	-2.11%				1.18%	
DIAGRAMA HORIZONTAL	33.07 m	64.80 m			144.00 m		
	l = 242.88 m						

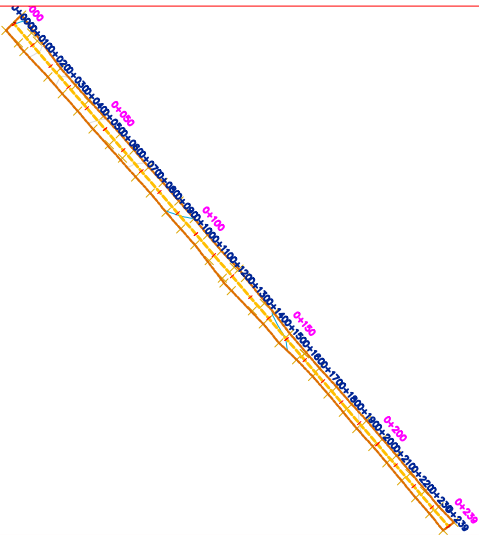
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93
 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022

PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
 CALLE MAZATLAN

UBICACION: DISTRITO: NUEVO CHIMBOTE
 PROVINCIA: SANTA
 DEPARTAMENTO: ANCASH

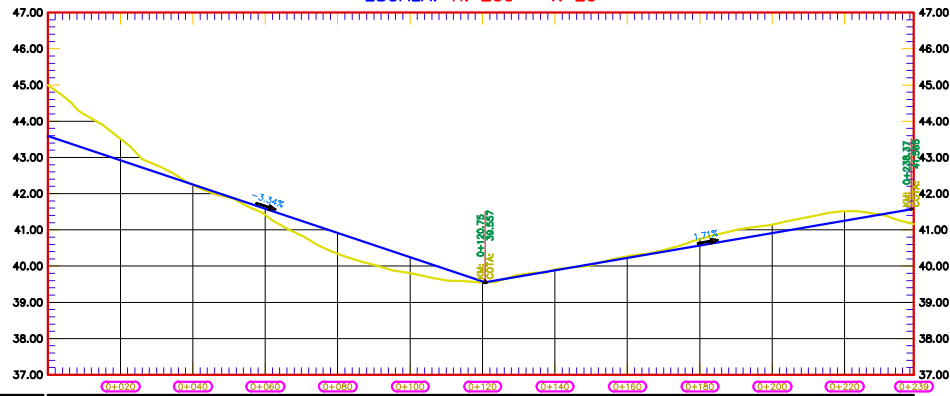
FECHA: AGOSTO, 2022 TESISISTA: DARA MORI, ROCIO VERGARA



LEYENDA	
	CURVA MAYOR C/2.5m
	CURVA MENOR C/0.5m
	POSTE DE LUZ
	BUZONETA DE DESAGUE
	BUZON DE DESAGUE
	CAJA DE LUZ
	CAJA DE REGISTRO DE DESAGUE
	CAJA DE AGUA
	LIMITE DE PROPIEDAD
	FENSA
	ESCALERA EXISTENTE
	ARBUSTO EXISTENTE
	NORTE GEOGRAFICO
	Puerta de vivienda
	CUADRICULA DE COORDENADAS

PLANTA
ESC. 1/200

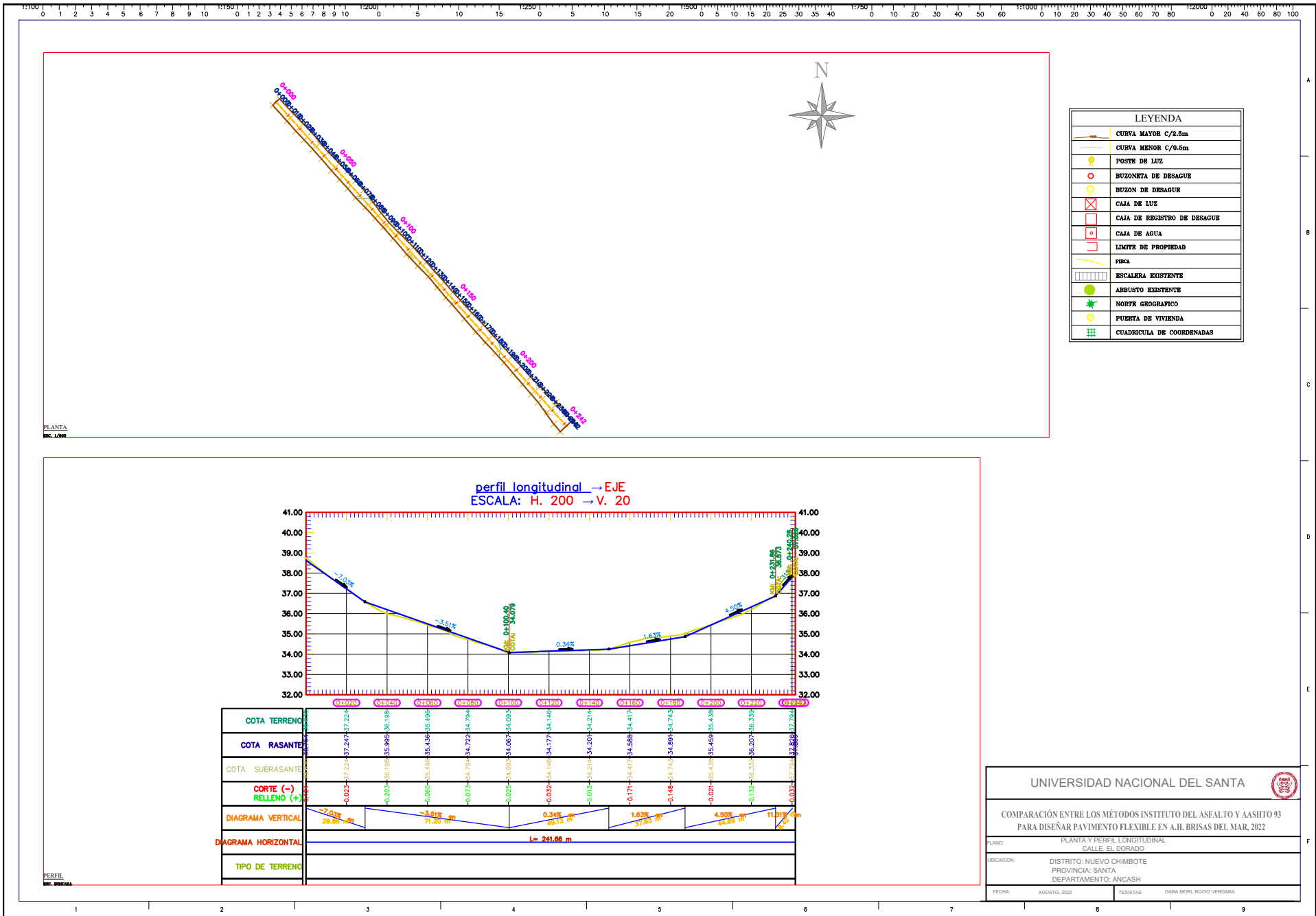
perfil longitudinal → EJE
ESCALA: H. 200 → V. 20



COTA TERRENO	45.00	43.50	42.50	41.50	40.50	40.00	40.50	41.00	41.50	42.00	42.50
COTA RASANTE	43.50	42.50	41.50	40.50	40.00	40.50	41.00	41.50	42.00	42.50	43.00
COTA SUBRASANTE	43.50	42.50	41.50	40.50	40.00	40.50	41.00	41.50	42.00	42.50	43.00
CORTE (-)	-0.50	-0.04	-0.17	-0.57	-0.44	-0.02	-0.04	-0.18	-0.25	-0.26	0.00
RELLENO (+)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DIAGRAMA VERTICAL		-3.34% 128.79 m					1.71% 117.82 m				
DIAGRAMA HORIZONTAL	L = 239.11 m										
TIPO DE TERRENO											

PERFIL
ESC. VERTICAL

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA	
PROYECTO:	COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022
PLANO:	PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL CALLE COSTA BRAVA
UBICACION:	DISTRITO: NUEVO CHIMBOTE PROVINCIA: SANTA DEPARTAMENTO: ANCASH
FECHA:	AGOSTO, 2022
TESISTAS:	DARA MORI, ROCIO VERGARA



LEYENDA

	CURVA MAYOR C/2.5m
	CURVA MENOR C/0.5m
	POSTE DE LUZ
	BUZONETA DE DESAGUE
	BUZON DE DESAGUE
	CAJA DE LUZ
	CAJA DE REGISTRO DE DESAGUE
	CAJA DE AGUA
	LIMITE DE PROPIEDAD
	FENSA
	ESCALERA EXISTENTE
	ARBUSTO EXISTENTE
	NORTE GEOGRAFICO
	Puerta de vivienda
	CUADRICULA DE COORDENADAS

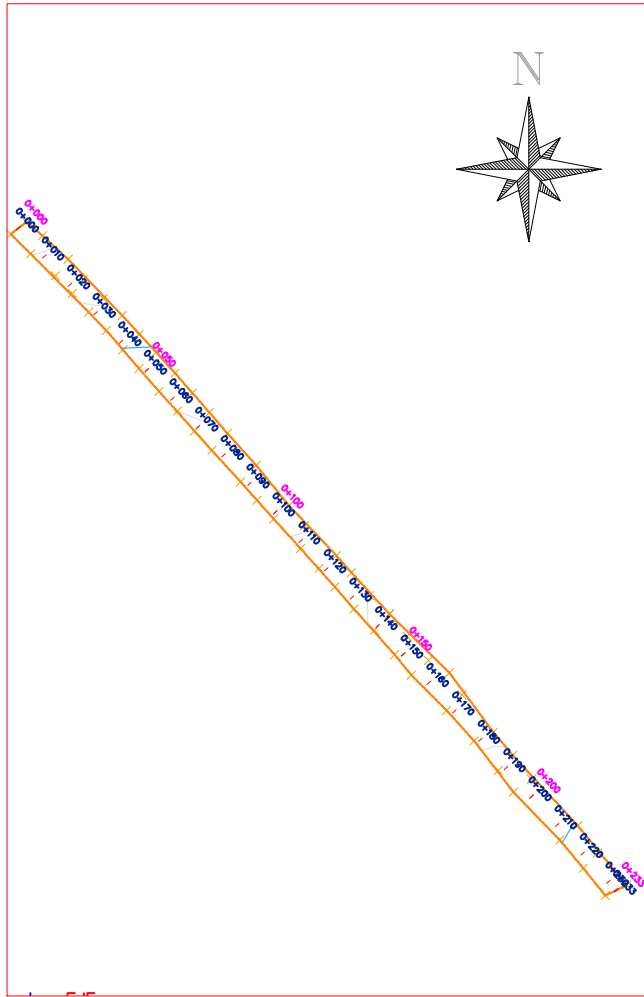
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022

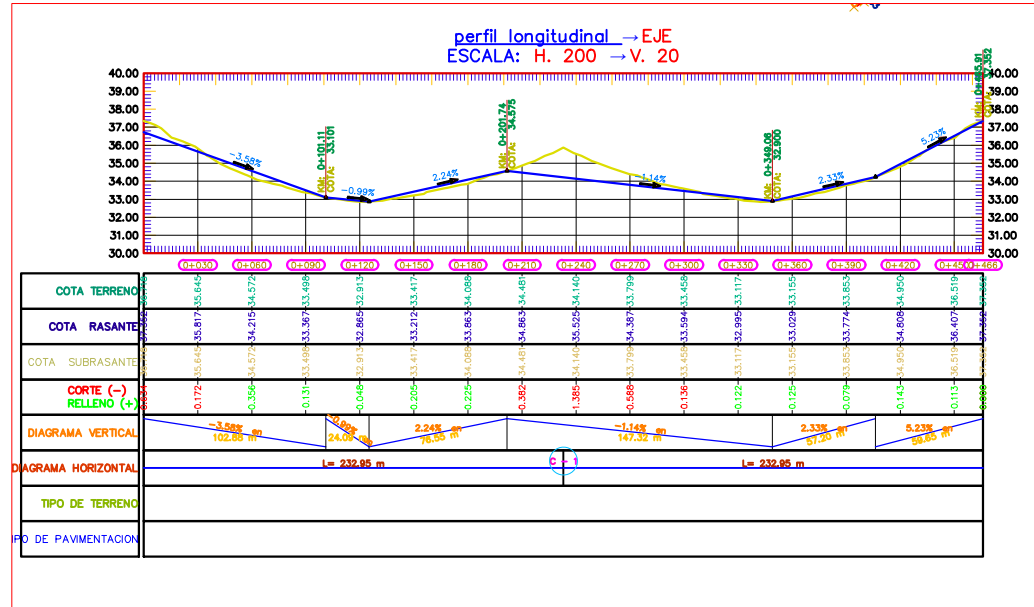
PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
 CALLE EL DORADO

UBICACION: DISTRITO: NUEVO CHIMBOTE
 PROVINCIA: SANTA
 DEPARTAMENTO: ANCASH

FECHA: AGOSTO, 2022
 TESISISTAS: DARA MORI, ROCIO VERGARA



PLANTA
Escala: 1/400



PERFIL
Escala: HORIZONTAL: 1/200 VERTICAL: 1/20

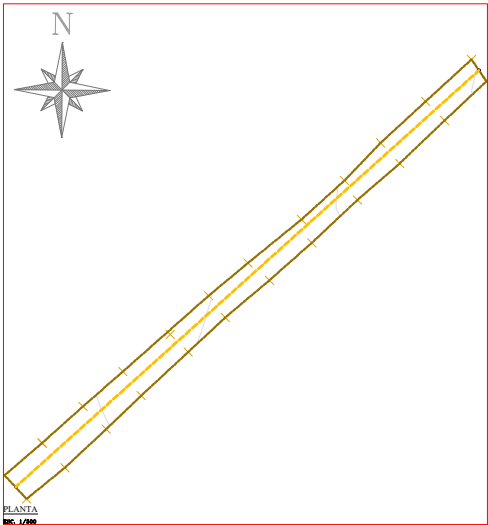
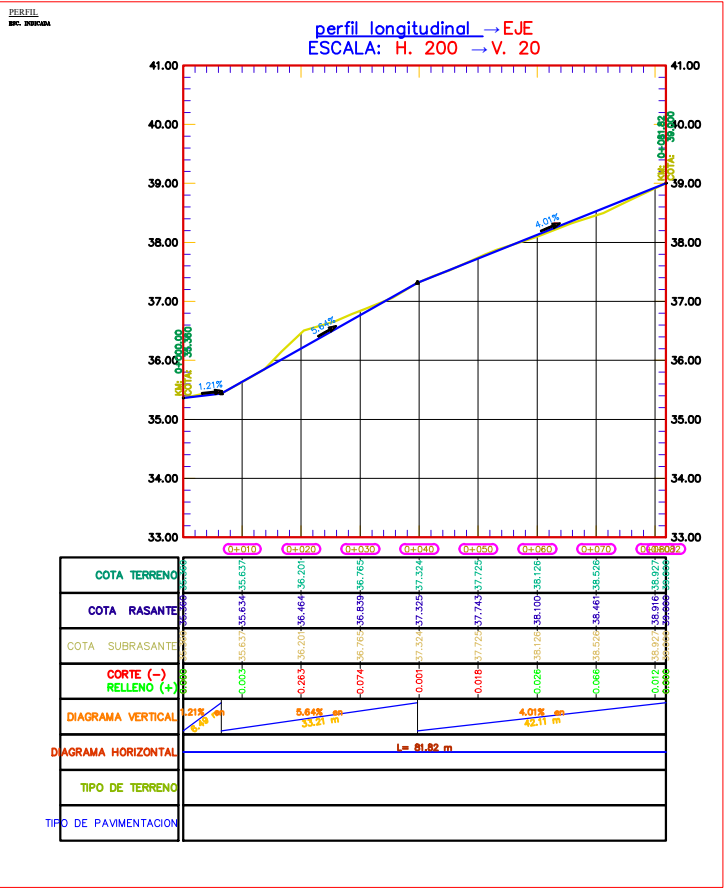
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

PROYECTO:
COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93
PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022

PLANO:
PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
CA. 28 DE JULIO

UBICACION:
DISTRITO: NUEVO CHIMBOTE
PROVINCIA: SANTA
DEPARTAMENTO: ANCASH

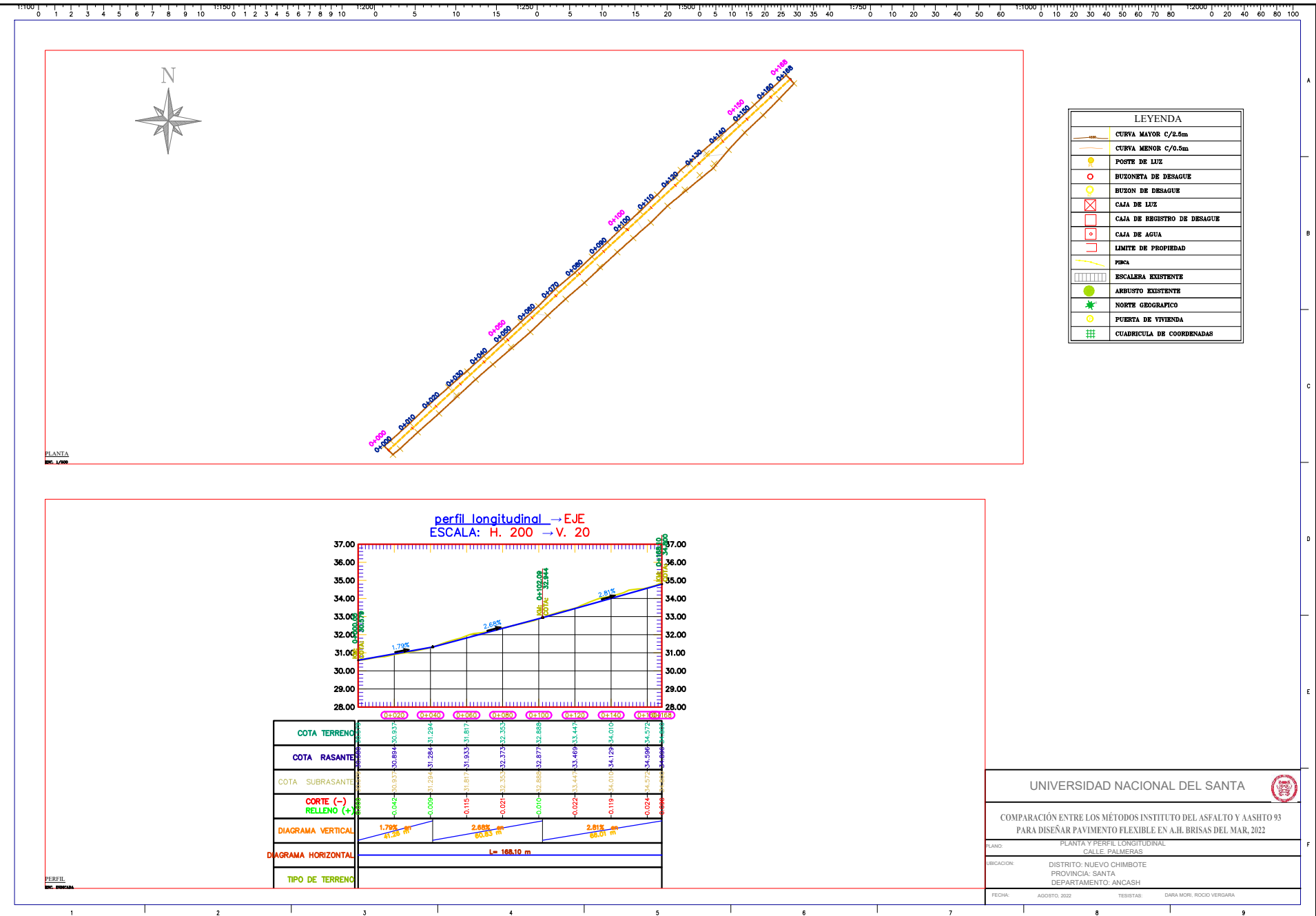
TESISTAS:
DARA MORI, ROCIO VERGARA



LEYENDA

	CURVA MAYOR C/2.5m
	CURVA MENOR C/0.5m
	POSTE DE LUZ
	BUZONETA DE DESAGUE
	BUZON DE DESAGUE
	CAJA DE LUZ
	CAJA DE REGISTRO DE DESAGUE
	CAJA DE AGUA
	LIMITE DE PROPIEDAD
	PERCA
	ESCALERA EXISTENTE
	ARBUSTO EXISTENTE
	NORTE GEOGRAFICO
	PUERTA DE VIVIENDA
	CUADRICULA DE COORDENADAS

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA	
PROYECTO:	COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022
PLANO:	PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL CALLE COMERCIO
UBICACION:	DISTRITO: NUEVO CHIMBOTE PROVINCIA: SANTA DEPARTAMENTO: ANCASH
FECHA:	AGOSTO, 2022
TESISTAS:	DARA MORI, ROCIO VERGARA



PLANTA
Escala: 1/200

PERFIL
Escala: H. 200 - V. 20

LEYENDA	
	CURVA MAYOR C/2.5m
	CURVA MENOR C/0.5m
	POSTE DE LUZ
	BUZONETA DE DESAGUE
	BUZON DE DESAGUE
	CAJA DE LUZ
	CAJA DE REGISTRO DE DESAGUE
	CAJA DE AGUA
	LIMITE DE PROPIEDAD
	FERCA
	ESCALERA EXISTENTE
	ARBUSTO EXISTENTE
	NORTE GEOGRAFICO
	PUERTA DE VIVIENDA
	CUADRICULA DE COORDENADAS

COTA TERRENO	30.894	31.294	31.817	32.353	32.888	33.443	34.016	34.577
COTA RASANTE	30.894	31.294	31.817	32.379	32.877	33.469	34.129	34.577
COTA SUBRASANTE	30.837	31.234	31.784	32.323	32.868	33.443	34.016	34.577
CORTE (-)	-0.042	-0.009	-0.115	-0.021	-0.010	-0.022	-0.119	-0.024
RELLENO (+)								
DIAGRAMA VERTICAL	1.79%	2.65%	2.81%					
DIAGRAMA HORIZONTAL	41.20 m	60.93 m	65.01 m					
TIPO DE TERRENO								

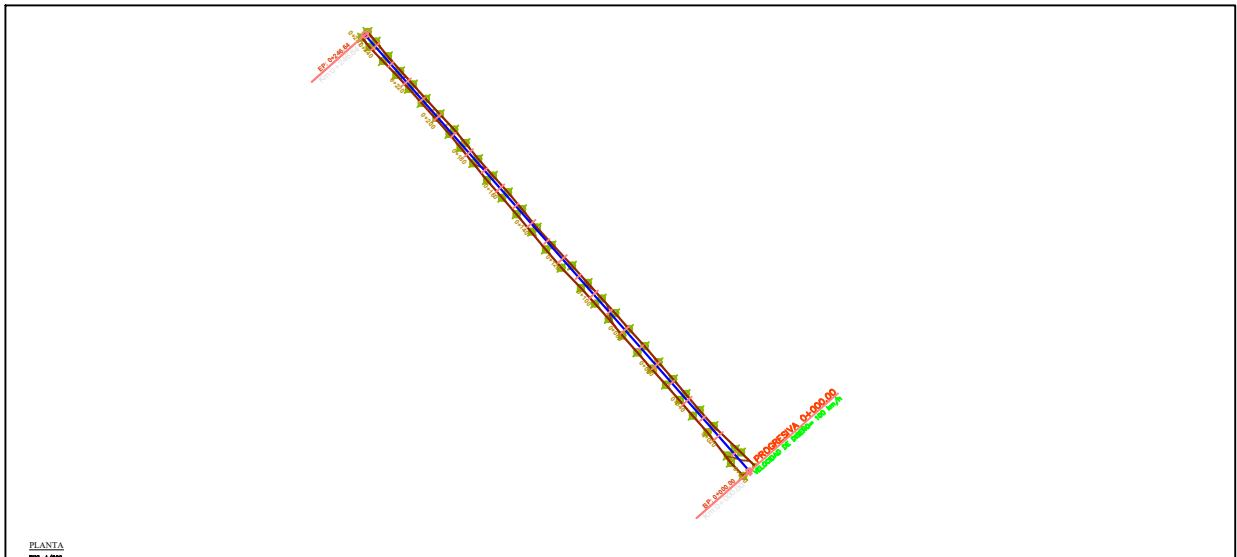
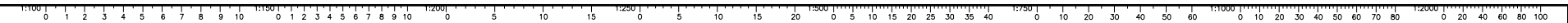
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93
PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022

PLANO: PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
CALLE PALMERAS

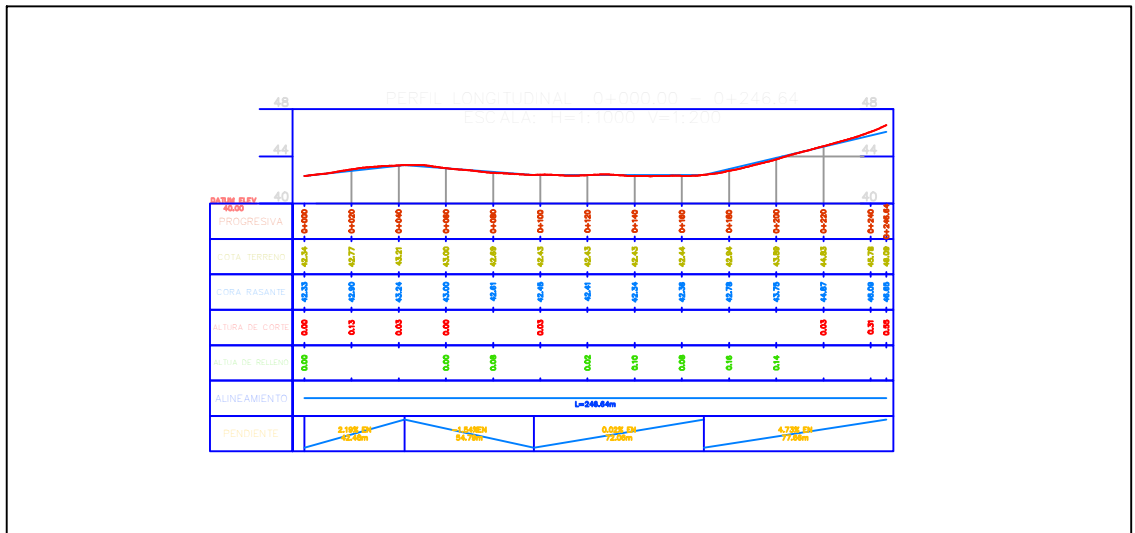
UBICACION: DISTRITO: NUEVO CHIMBOTE
PROVINCIA: SANTA
DEPARTAMENTO: ANCASH

FECHA: AGOSTO, 2022 TESISISTAS: DARA MORI, ROCIO VERGARA



LEYENDA

- VIVIENDA
- PARQUEAL
- CENTRO PUEBLO
- ESTACIONAMIENTO
- CAMBIO DE VUELTA
- SUELO
- CALZADA
- HITO DE CONTROL TOPOGRAFICO
- PUNTO DE COMIENZO
- PUNTO DE FIN
- CAMBIO HERRADURA
- CANAL
- CARRETERA
- CAMBIO ANCHURAS
- CERRO
- LAGUNA
- PUENTE
- QUEBRADA
- RIO
- TIRADA LATERAL
- TANDA
- TUNEL
- ALMOCENA
- ANCHURA



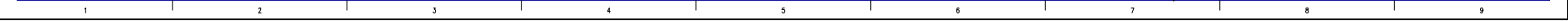
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

COMPARACIÓN ENTRE LOS MÉTODOS INSTITUTO DEL ASFALTO Y AASHTO 93
 PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN A.H. BRISAS DEL MAR, 2022

PLANTA Y PERFIL LONGITUDINAL
 CALLE TOSSA DE MAR

DISTRITO: NUEVO CHIMBOTE
 PROVINCIA: SANTA
 DEPARTAMENTO: ANCASH

FECHA: AGOSTO, 2022 TESISISTAS: DARA MORI, ROCIO VERGARA



62

Estrada Blanco Sergio. "Propiedades índice y mecánicas del suelo de la comunidad de Peribán de Ramos, Michoacán", TESIUNAM, 2019

Publicación

<1 %

63

Valencia Guadalupe Gustavo. "Diseño del Túnel Par Vial Real del Monte-Casas Quemadas, Hidalgo", TESIUNAM

Publicación

<1 %

64

Ezequiel Fernandez Carlos Eduardo. "Asociacion de isquemia miocardica silente y complicaciones tardias de la diabetes mellitus", TESIUNAM, 2002

Publicación

<1 %

65

Ortega Méndez Arturo. "Reciclado de pavimentos con cemento Portland", TESIUNAM, 2005

Publicación

<1 %