

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“Confrontación de métodos: AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecánico –
Empírico MEPDG para diseñar pavimento flexible en Villa Hermosa - Casma”**

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Bach. Marchán León, Kiara Mercedes

Bach. Tamayo Cuzca, Sebastian Eduardo

ASESOR:

Dr. León Bobadilla, Abner Itamar

DNI N°: 32942184

Código ORCID: 0000-0003-2949-6591

NUEVO CHIMBOTE –PERÚ

2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

**“CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL
ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR
PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA”**

**TESIS PARA OPTAR EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

Revisado y aprobado por:

Dr. León Bobadilla, Abner Itamar

Asesor

DNI N°: 32942184

Código ORCID: 0000-0003-2949-6591

**NUEVO CHIMBOTE –PERÚ
2025**

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL
ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR
PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA”**

**TESIS PARA OPTAR EL
TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

Revisado y aprobado por el siguiente jurado:

Ms. Rivasplata Díaz, Julio César

Presidente

DNI N°: 32770844

Código ORCID: 0000-0002-4180-9362

Dra. Fernández Mantilla, Jenisse del Rocío

Secretaria

DNI N°: 33264434

Código ORCID: 0000-0003-3336-4786

Dr. León Bobadilla, Abner Itamar

Integrante

DNI N°: 32942184

Código ORCID: 0000-0003-2949-6591

**NUEVO CHIMBOTE –PERÚ
2025**



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 16 días del mes de diciembre del año dos mil veinticinco, siendo las 11:00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 724-2025-UNS-CFI, con fecha 21.11.2025, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Secretaria), Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Integrante), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Accesitario), en base a la Resolución Decanal N° 906-2025-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: **"CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ALFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA"**, presentado por los Bachilleres **MARCHÁN LEÓN KIARA MERCEDES** con cód. N° 0201813003 y **TAMAYO CUZCA SEBASTIÁN EDUARDO** con cód. N° 0201813045, quienes fueron asesorados por el docente Dr. Abner Itamar León Bobadilla según lo establece la T. Resolución Decanal N° 450-2024-UNS-FI, de fecha 18.07.2024.

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
MARCHÁN LEÓN KIARA MERCEDES	17	BUENO

Siendo las 12:00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 16 de diciembre de 2025.

Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente

Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla
Secretaria

Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Integrante



UNS
UNIVERSIDAD
NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 16 días del mes de diciembre del año dos mil veinticinco, siendo las 11:00 horas, en el Laboratorio de Topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución N° 724-2025-UNS-CFI, con fecha 21.11.2025, integrado por los siguientes docentes: Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Presidente), Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla (Secretaria), Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Integrante), Dr. Atilio Rubén López Carranza (Accesitario), en base a la Resolución Decanal N° 906-2025-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: **"CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ALFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA"**, presentado por los Bachilleres **MARCHÁN LEÓN KIARA MERCEDES** con cód. N° 0201813003 y **TAMAYO CUZCA SEBASTIÁN EDUARDO** con cód. N° 0201813045, quienes fueron asesorados por el docente Dr. Abner Itamar León Bobadilla según lo establece la T. Resolución Decanal N° 450-2024-UNS-FI, de fecha 18.07.2024.

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
TAMAYO CUZCA SEBASTIÁN EDUARDO	17	BUENO

Siendo las 12:00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 16 de diciembre de 2025.


Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Presidente


Dra. 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:	Sebastian Tamayo Cuzca
Título del ejercicio:	Quick Submit
Título de la entrega:	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ...
Nombre del archivo:	INFORME_FINAL_-_CONFRONTACION_DE_M_TODOS.pdf
Tamaño del archivo:	1.47M
Total páginas:	131
Total de palabras:	31,372
Total de caracteres:	172,383
Fecha de entrega:	11-dic-2025 10:26p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	2844017086



UNSA

"CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO -
EMPIRICO MÉTODO PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA"

I. INTRODUCCIÓN

CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA

INFORME DE ORIGINALIDAD

22%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

2%

PUBLICACIONES

19%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

Submitted to Universidad Nacional del Santa

Trabajo del estudiante

9%

2

hdl.handle.net

Fuente de Internet

3%

3

www.slideshare.net

Fuente de Internet

2%

4

repositorio.uns.edu.pe

Fuente de Internet

1%

5

docplayer.es

Fuente de Internet

1%

6

Submitted to Universidad Andina del Cusco

Trabajo del estudiante

1%

7

Submitted to Universidad Privada Antenor
Orrego

Trabajo del estudiante

1%

8

es.slideshare.net

Fuente de Internet

1%

9

Submitted to Universidad Cesar Vallejo

Trabajo del estudiante

<1%

10

repositorio.upao.edu.pe

Fuente de Internet

<1%

11

edoc.pub

Fuente de Internet

<1%

Dedicatoria

En primer lugar, expreso mi gratitud a Dios, por darme fortaleza, vida y salud diaria, para continuar y culminar este camino académico.

A mis padres, a mi hermana y a toda mi familia, por su amor incondicional, apoyo y comprensión constante brindado durante todo este proceso. Su presencia y respaldo han sido esenciales en cada etapa.

A mis abuelos, que hoy descansan en el cielo. Ellos siempre creyeron en mí y me transmitieron la confianza necesaria para perseguir y alcanzar mis sueños. Siempre en mi corazón.

A mi compañero Sebastian, por su paciencia, dedicación y por animarme en todo momento a ser mejor. Su compañía ha sido un gran impulso en este logro.

Kiara Mercedes Marchán León.

Dedicatoria

A Dios, por derramar sus bendiciones sobre mí, y
darme salud para afrontar este camino.

A mis padres, a mi hermano, así como a mis familiares
y amigos, por brindarme su apoyo y respaldo constante.
Gracias a su acompañamiento he podido concluir
satisfactoriamente esta etapa.

A mi abuelo Juan, Elba y Maximina que hoy descansan
en el cielo y que siempre me inculcaron valores firmes
y fortalezas que han guiado mi camino y que hoy llevan
a dar fruto en la culminación de esta etapa.

A mi compañera Kiara Mercedes, por enseñarme el
valor de la responsabilidad y del trabajo en equipo a lo
largo de nuestra formación universitaria, siendo siempre
un conjunto sólido y comprometido.

Sebastian Eduardo Tamayo Cuzca.

Agradecimiento

En primer lugar, expresamos nuestro agradecimiento a Dios por concedernos vida, salud y por acompañarnos con sus bendiciones a lo largo de este proceso, permitiéndonos alcanzar esta meta y culminar un importante ciclo en nuestras vidas.

A nuestras familias, por su constante respaldo, consejos y motivación que nos brindaron para avanzar y concretar esta significativa etapa de nuestra formación profesional.

Al Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla, nuestro asesor, por su guía y apoyo durante el desarrollo de la presente tesis.

Al Ms. Ing. Julio César Rivasplata Díaz, a la Mg. Ing. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla, así como a los ingenieros y docentes, por su disposición para absolver nuestras consultas y contribuir al avance de esta investigación.

Finalmente, extendemos nuestro agradecimiento a todos los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, quienes formaron parte esencial de nuestro crecimiento profesional y personal, transmitiéndonos conocimientos, valores y principios fundamentales.

ÍNDICE

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN	16
1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2. OBJETIVOS	20
1.2.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	20
1.3. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS	20
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA	21
CAPITULO II: MARCO TEÓRICO	23
2.1. ANTECEDENTES	24
2.2.1. PAVIMENTOS	29
2.2.1.1. DEFINICIÓN	29
2.2.1.2. TIPOS DE PAVIMENTOS	29
2.2.2. PAVIMENTO FLEXIBLE	31
2.2.2.1. GENERALIDADES	31
2.2.2.2. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE	33
2.2.2.3. SUBRASANTE	34
2.2.2.4. SUB BASE GRANULAR	36
2.2.2.5. BASE GRANULAR	36
2.2.2.6. CARPETA ASFALTICA	37
2.2.3. FACTORES DETERMINANTES EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	37
2.2.3.1. PERIODO DE DISEÑO	37
2.2.3.2. ESTUDIO DE TRAFICO	38
2.2.3.2.1. CONOCIMIENTO DE LA DEMANDA PARA DISEÑO	38
2.2.3.2.2. CALCULO DE TASA DE CRECIMIENTO Y PROYECCIÓN	40
2.2.3.2.2. NUMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES	41
2.2.3.3. SUELOS	45
2.2.3.4. CLIMA	54
2.2.4. MÉTODO AASHTO 93	57
2.2.4.1. PERIODO DE DISEÑO	57
2.2.4.2. VARIABLES	57
2.2.4.2.1. EJES EQUIVALENTES W18	58
2.2.4.2.2. MÓDULO RESILIENTE MR	59
2.2.4.2.3. CONFIABILIDAD %R	61
2.2.4.2.4. COEFICIENTE ESTADÍSTICO ZR	63
2.2.4.2.5. DESVIACIÓN ESTÁNDAR COMBINADA S0	65
2.2.4.2.6. ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD PRESENTE ΔPSI	65
2.2.4.2.7. SERVICIABILIDAD INICIAL PI	66
2.2.4.2.8. SERVICIABILIDAD FINAL PT	67
2.2.4.2.9. NÚMERO ESTRUCTURAL PROPUESTO NR	68
2.2.5. MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO	73
2.2.5.1. VARIABLES	73

2.2.5.1.1. CARRIL DE DISEÑO.....	73
2.2.5.1.2. FACTOR DE CRECIMIENTO DEL TRÁFICO	74
2.2.5.1.3. FACTOR EQUIVALENTE DE CARGA.....	76
2.2.5.1.4. FACTOR DE AJUSTE DE EAL	77
2.2.5.1.5. ESTIMACIÓN DE EAL DE DISEÑO	77
2.2.5.1.6. OBTENCION DEL MODULO RESILENTE	78
2.2.5.1.7. TIPOS DE BASE PARA CARPETA ASFÁLTICA.....	79
2.2.5.1.8. ESPESORES MÍNIMOS DE LA CARPETA ASFÁLTICA SEGÚN TIPO DE BASE	79
2.2.5.1.9. FACTORES AMBIENTALES.....	80
2.2.5.2. DETERMINACIÓN DE ESPESORES.....	80
2.2.5. MÉTODO MECANICISTA-EMPÍRICO MEPDG.....	81
2.2.6. MARCO NORMATIVO	96
CAPITULO III: METODOLOGÍA	99
3.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN.....	10
3.2. MÉTODO	100
3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	100
3.4. UNIDAD DE ANÁLISIS	102
3.5. UBICACIÓN.....	102
3.6. POBLACIÓN.....	102
3.7. MUESTRA	103
3.8. VARIABLES.....	103
3.8.1. VARIABLES INDEPENDIENTES.....	103
3.8.2. VARIABLES DEPENDIENTES	103
3.8.3. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	104
3.8.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	105
3.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	106
3.10. PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.....	108
3.10.1. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO POR EL MÉTODO AASHTO 93.....	108
3.10.2. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO POR EL MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO.....	110
3.10.3. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO POR EL MÉTODO MECANÍSTICO EMPÍRICO MEPDG.....	111
CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	114
4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	115
4.1.1. CÁLCULO DE PARÁMETROS DE DISEÑO GENERALES.....	115
4.1.1.1. ESTUDIO DE TRÁFICO.....	115
4.1.1.2. ESTUDIO DE SUELOS.....	115
4.1.1.2.1. ENSAYOS REALIZADOS A LA SUBRASANTE.....	118
4.1.1.2.2. ENSAYOS REALIZADOS PARA MATERIAL GRANULAR (SUB BASE Y BASE).....	119
4.1.1.3. ESTUDIO CLIMÁTICO.....	120
4.1.2. RESULTADOS ESTRUCTURALES DE PAVIMENTO FLEXIBLE	121
4.1.2.1. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CALCULADA POR EL	

MÉTODO AASHTO 93.....	121
4.1.2.2. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CALCULADA POR EL MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO	122
4.1.2.3. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CALCULADA POR EL MÉTODO MECANISTICO EMPÍRICO MEPDG	124
4.1.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE.....	130
4.1.3.1. ANÁLISIS TÉCNICO	130
4.1.3.2. ANÁLISIS ECONÓMICO	132
4.1.3.3. CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS Y ELECCIÓN	134
4.1.3.4. COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS	136
4.2. DISCUSIONES.....	139
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	143
5.1. CONCLUSIONES.....	144
5.2. RECOMENDACIONES.....	145
CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	148
CAPITULO VII: ANEXOS	153

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Categorías de subrasante.....	35
Tabla 2. Factores de distribución direccional	39
Tabla 3. Relación de cargas por eje	43
Tabla 4. Parámetros de ejes equivalentes	44
Tabla 5. Granulometría	47
Tabla 6. Plasticidad.....	48
Tabla 7. Equivalente de arena.....	49
Tabla 8. Índice de grupo	50
Tabla 9. Correlación de tipos de suelos AASHTO – SUCS.....	51
Tabla 10. Clasificación de los suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282	52
Tabla 11. Categoría de subrasante	53
Tabla 12. Selección del tipo de cemento asfáltico	55
Tabla 13. Módulo resiliente obtenido por correlación con CBR	60
Tabla 14. Valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño (10 o 20 años) según rango de tráfico	61
Tabla 15. Valores recomendados de nivel de confiabilidad para dos etapas de diseño de 10 años cada una según rango de tráfico.....	62
Tabla 16. Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal (Z_R) para una sola etapa de diseño (10 o 20 años)	63
Tabla 17. Coeficiente estadístico de la desviación estándar normal (Z_R) para dos etapas de diseño de 10 años cada una.....	64
Tabla 18. Índice de serviciabilidad inicial (P_i) según rango de tráfico	66
Tabla 19. Índice de serviciabilidad final (P_t) según rango de tráfico	67
Tabla 20. Diferencial de serviciabilidad (ΔPSI) según rango de tráfico	68

Tabla 21. Coeficientes estructurales de las capas del pavimento a _i	70
Tabla 22. Calidad del drenaje	71
Tabla 23. Valores recomendados del coeficiente de drenaje m _i para bases y subbases granulares no tratadas en pavimentos flexibles	71
Tabla 24. Número estructural requerido para pavimentos flexibles (SN) – Período de diseño 20 años	72
Tabla 25. Número de carriles.....	74
Tabla 26. Tasa de crecimiento	75
Tabla 27. Factor de equivalencia de carga.....	76
Tabla 28. Niveles de tráfico	79
Tabla 29. Espesores	79
Tabla 30. Tráfico EAL.....	80
Tabla 31. Umbrales de desempeño recomendados	93
Tabla 32. Matriz de consistencia	104
Tabla 33. Matriz de operacionalización.....	105
Tabla 34. Índice medio diario anual para cálculo de ejes equivalentes	115
Tabla 35. Valores de ejes equivalentes para los métodos AASHTO 93 e Instituto del Asfalto	116
Tabla 36. Distribución de clase de vehículos.....	117
Tabla 37. Distribución horaria de vehículos	117
Tabla 38. Resultados del EMS realizado a la subrasante (terreno natural)	118
Tabla 39. Resultados del EMS realizado al material granular para base y subbase	119
Tabla 40. Datos de estación meteorológica más cercana para estudios.....	120
Tabla 41. Temperatura promedio anual de los últimos 10 años según SENAMHI.....	120
Tabla 42. Parámetros de diseño del método AASHTO 93	121

Tabla 43. Parámetros de diseño del método Instituto del Asfalto	122
Tabla 44. Parámetros de diseño (datos de entrada software).....	124
Tabla 45. Presupuesto Método AASHTO 93	132
Tabla 46. Presupuesto Método del Instituto del Asfalto.....	132
Tabla 47. Presupuesto Método Mecánico Empírico	133
Tabla 48. Comparación presupuestal de los tres métodos	134
Tabla 49. Evaluación Económica de los Métodos de Diseño de Pavimento Flexible	134
Tabla 50. Síntesis de confrontación de métodos y comprobación de la hipótesis	137

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pavimento Flexible.....	33
Figura 2. Estructura de pavimento flexible.....	33
Figura 3. Periodos de diseño en función del tipo de carretera	38
Figura 4. Configuración de ejes	42
Figura 5. Signos convencionales para perfil de calicatas - AASHTO	45
Figura 6. Signos convencionales para perfil de calicatas - SUCS	46
Figura 7. Correlaciones típicas entre las clasificaciones y propiedades de los suelos con el módulo de resiliente.....	54
Figura 8. Metodología general del proceso de diseño MEPDG	83
Figura 9. Ejemplo de espectro de carga para eje simple de vehículo clase 4	87
Figura 10. Evolución típica del índice de rugosidad internacional durante el ciclo de vida del pavimento.....	92
Figura 11. Diseño estructural mediante el método AASHTO 93	122
Figura 12. Diseño estructural mediante el método AASHTO 93	123
Figura 13. Criterios de desempeño	125
Figura 14. Valores de módulo de resiliencia	125
Figura 15. Grietas tipo piel de cocodrilo	126
Figura 16. Longitud de grietas por efecto de temperatura	127
Figura 17. Ahuellamiento de pavimento.....	127
Figura 18. Proyección del Índice de Regularidad Internacional (IRI).....	128
Figura 19. Diseño estructural mediante el método Mecanístico–Empírico (MEPDG)	129

LISTA DE ECUACIONES

Cálculo del crecimiento del tránsito (Ecuación 01).....	40
Factor de crecimiento acumulado (Ecuación 02).....	41
Cálculo del número de repeticiones de ejes equivalentes (Ecuación 03)	44
Índice de plasticidad (Ecuación 04).....	48
Índice de grupo (Ecuación 05).....	49
Fórmula del índice de grupo (Ecuación 06).....	52
Ecuación fundamental de diseño de la estructura de un pavimento flexible (Ecuación 07)....	58
Cálculo de ejes equivalentes (Ecuación 08).....	59
Confiabilidad %R (Ecuación 09).....	62
Variación de serviciabilidad (Ecuación 10).....	68
Número estructural propuesto NR (Ecuación 11).....	69
Estimación de EAL de diseño (Ecuación 12)	78
Módulo de resiliencia (Ecuación 13)	78
Valores de los ensayos CBR (Ecuación 14)	78

Resumen

La presente investigación tiene como finalidad identificar el método más eficiente para el diseño del pavimento flexible en el centro poblado Villa Hermosa – Casma. Para ello, se realizó una confrontación entre los métodos AASHTO 93, Instituto del Asfalto y el enfoque Mecánico–Empírico (MEPDG), considerando previamente la determinación de los parámetros fundamentales de diseño.

En el análisis del tráfico se calcularon los ejes equivalentes exigidos por AASHTO 93 y el Instituto del Asfalto, mientras que para el MEPDG se estableció la distribución porcentual de vehículos por categoría.

La evaluación de la subrasante se efectuó mediante la estimación del módulo resiliente derivado del CBR, parámetro determinante para los tres métodos estudiados. Asimismo, se incorporaron las condiciones climáticas de la zona, empleándose la temperatura media anual para el método del Instituto del Asfalto y los registros de la estación meteorológica más cercana para el MEPDG.

Los resultados indican que el método AASHTO 93 requiere un espesor total de 47.50 cm, el método del Instituto del Asfalto un total de 42.50 cm, y el método Mecánico–Empírico (MEPDG) un espesor de 37.50 cm. Este último se considera el más favorable, proponiendo una estructura compuesta por carpeta asfáltica de 3” (7.50 cm) y capas de base y subbase granular de 6” (15 cm) cada una.

Finalmente, el análisis económico basado en los espesores obtenidos evidencia que los métodos AASHTO 93 y del Instituto del Asfalto generan costos más elevados en comparación con el método Mecánico–Empírico, posicionando al MEPDG como la alternativa más viable y económica para el diseño de pavimentos flexibles.

Palabras claves: pavimento flexible, AASHTO 93, Instituto del Asfalto, Mecánico Empírico MEPDG, Ejes equivalentes, sub rasante, sub base, base.

Abstract

The present research aims to identify the most efficient method for designing flexible pavement in the populated center of Villa Hermosa – Casma. To achieve this, a comparison was carried out among the AASHTO 93, Asphalt Institute, and Mechanistic–Empirical (MEPDG) design methods, based on the determination of essential design parameters.

In the traffic analysis, equivalent single axle loads (ESALs) were calculated for the AASHTO 93 and Asphalt Institute methods, while the MEPDG approach required establishing the percentage distribution of vehicles by class.

The subgrade was evaluated through the determination of the resilient modulus derived from the CBR, a fundamental parameter for all three methods. Climatic conditions of the study area were also considered, using the annual average temperature for the Asphalt Institute method and data from the nearest meteorological station for the MEPDG approach.

The results show that the AASHTO 93 method requires a total pavement thickness of 47.50 cm, the Asphalt Institute method requires 42.50 cm, and the Mechanistic–Empirical MEPDG method results in a total thickness of 37.50 cm. The latter is considered the most favorable, proposing a pavement structure composed of a 3” (7.50 cm) asphalt layer and granular base and subbase layers of 6” (15 cm) each.

Finally, the economic analysis based on the obtained pavement structures indicates that the AASHTO 93 and Asphalt Institute methods lead to higher costs compared to the Mechanistic–Empirical method. Consequently, the MEPDG approach stands out as the most cost-effective and viable alternative for flexible pavement design.

Keywords: flexible pavement, AASHTO 93, Asphalt Institute, Empirical Mechanistic Design (MEPDG), Equivalent axle loads, subgrade, subbase, base.

I. INTRODUCCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El diseño estructural de pavimentos flexibles constituye una etapa esencial dentro de los proyectos de infraestructura vial, debido a que determina la durabilidad, el desempeño funcional y los costos de construcción y mantenimiento de la vía. A lo largo de las últimas décadas se han desarrollado diversos métodos de diseño basados en enfoques empíricos, mecanísticos y mecanístico–empíricos, entre ellos AASHTO 93, el método del Instituto del Asfalto y el método Mecanístico–Empírico MEPDG. Cada uno de estos enfoques utiliza parámetros técnicos, modelos de deterioro y criterios de desempeño distintos, lo que puede generar diferencias significativas en los espesores finales del pavimento aún bajo un mismo contexto geográfico.

Esta variabilidad evidencia la importancia de confrontar metodologías de diseño para identificar sus ventajas y limitaciones, así como la coherencia de sus resultados en función de las condiciones locales. Limitarse al uso de un único método, como ocurre frecuentemente con AASHTO 93, puede conducir a estructuras sobredimensionadas o no adaptadas al tránsito, clima o características geotécnicas de una determinada zona. En este sentido, la comparación sistemática de métodos permite evaluar alternativas más eficientes y adecuadas al contexto real del proyecto, proporcionando una base técnica más sólida para la toma de decisiones.

A nivel internacional, la investigación en el diseño de pavimentos flexibles se enfoca en robustecer la resistencia a la fatiga y al agrietamiento de los materiales (Song et al., 2024), en el cálculo de la deformación permanente inducida por el tráfico (Vamos y Szendefy, 2023), en el análisis del ciclo de

vida de los pavimentos mediante herramientas como el método de Monte Carlo (Vu et al., 2021), en la predicción del módulo dinámico de mezclas asfálticas a través de métodos de ensemble learning (Worthey et al., 2021) y en el estudio de las respuestas mesomecánicas de pavimentos semiflexibles mediante el método de elementos discretos (Xu et al., 2022).

Estos estudios ponen de manifiesto la diversidad de estas tendencias y demuestran la necesidad de actualizar los métodos de diseño y compararlos entre sí para garantizar soluciones más eficientes, duraderas y contextualizadas.

En el contexto nacional, Perú ha experimentado una expansión urbana acelerada, con un crecimiento demográfico del 3.5% anual, especialmente en la periferia de las ciudades (INEI, 2023). Esta expansión ha dado lugar a nuevos asentamientos que, en muchos casos, carecen de vías adecuadas para la circulación. Tradicionalmente, la selección del método para poder diseñar el pavimento flexible se ha basado en criterios empíricos utilizando mayoritariamente el método AASHTO 93 para dicho fin, es el más común. Esta metodología, si bien ha sido validada en numerosos proyectos, presenta limitaciones al no adaptarse adecuadamente a las particularidades climáticas y de tránsito de muchas regiones del país. A diferencia de otros países que han promovido la adopción de enfoques más actualizados, en el Perú aún no se ha establecido una política técnica clara que fomente la evaluación comparativa de distintos métodos de diseño estructural, lo cual dificulta la selección de la alternativa más eficiente según el contexto del proyecto.

A nivel local, Villa Hermosa – Casma ejemplifica esta problemática. Con una población de aproximadamente 7,400 habitantes distribuidos en más

de 1,200 lotes, la cobertura pavimentada alcanza solo el 27% de sus calles (Cámara Provincial de Casma, 2023). La mayoría de los lotes provienen de invasiones sin planificación urbana ni estudios de suelos, lo que complica la provisión de infraestructura vial adecuada (INEI, 2023). El municipio asigna solo el 6% de su presupuesto anual a infraestructura vial, insuficiente para atender los 4.2 km² de nuevo desarrollo urbano (Municipalidad Provincial de Casma, 2023). Esto implica que, debido a la falta de desarrollo y actualización técnica en el sector, no se ha promovido ni implementado de manera efectiva el uso de metodologías de diseño distintas al método AASHTO 93.

Causas generales: La problemática de la limitada evaluación comparativa de métodos de diseño de pavimento flexible no se restringe a Villa Hermosa – Casma, ni siquiera a Perú. Las causas subyacentes a esta situación son de carácter general y se manifiestan en diversos contextos:

- **Preferencia por lo conocido:** Los profesionales tienden a utilizar metodologías con las que están más familiarizados, incluso si no son las más idóneas para el contexto específico del proyecto.
- **Normativa desactualizada:** Las guías y normativas técnicas en el país aún no incorporan los avances metodológicos más recientes, perpetuando el uso de métodos obsoletos.
- **Ausencia de estudios comparativos locales:** La falta de investigaciones previas que confronten distintas metodologías bajo condiciones locales impide orientar técnicamente a los proyectistas.
- **Déficit de información local:** Carencia de datos precisos sobre características del suelo, tránsito y clima, lo que limita la

aplicación efectiva de métodos más avanzados.

Consecuencias: La omisión de una evaluación para comparar los métodos de diseño puede conducir a soluciones sobredimensionadas o inadecuadas, generando sobrecostos, mayores necesidades de mantenimiento y una menor vida útil del pavimento. Por ejemplo, el costo de mantenimiento anual de vehículos en la zona es un 35% mayor que en otras regiones, y los tiempos de viaje han aumentado en un 18% (Municipalidad Provincial de Casma, 2023). Sin una intervención adecuada, se prevé un aumento del 25% en accidentes por derrapes y una depreciación del valor del suelo en un 22% respecto a zonas pavimentadas (MTC, 2022; INEI, 2023). En términos más amplios, la ausencia de una evaluación rigurosa puede acarrear:

- **Sobreestimación del diseño:** Genera estructuras con espesores innecesariamente elevados, incrementando los costos de construcción sin mejoras proporcionales en desempeño.
- **Reducción de la durabilidad de las vías:** Los pavimentos diseñados con métodos inapropiados pueden deteriorarse prematuramente, exigiendo reparaciones onerosas y frecuentes.
- **Deterioro de la calidad de vida:** Las vías en mal estado dificultan el acceso a servicios esenciales, incrementan los costos de transporte y generan problemas de seguridad vial.

Ante ello, surgió el siguiente planteamiento de problema general, el cual fue: ¿Cómo la confrontación de los métodos AASHTO 93, Instituto del Asfalto y MEPDG influye en la determinación del diseño estructural óptimo de pavimento flexible para el sector de Villa Hermosa – Casma?

1.2. OBJETIVOS

1.2.1.OBJETIVO GENERAL

Evaluar los diseños de pavimento flexible obtenidos mediante los métodos AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanístico - Empírico MEPDG en Villa Hermosa – Casma.

1.2.2.OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Definir la estructura de pavimento flexible mediante el método AASHTO 93 en el C.P. Villa Hermosa – Casma
- Definir la estructura de pavimento flexible mediante el método del Instituto del Asfalto en el C.P. Villa Hermosa – Casma.
- Definir la estructura de pavimento flexible mediante el método Mecanístico-Empírico MEPDG en el C.P. Villa Hermosa – Casma.
- Evaluar técnicamente los resultados obtenidos con los métodos de diseño AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico MEPDG, con el fin de identificar el método adecuado para el diseño estructural de espesores del pavimento flexible en Villa Hermosa – Casma

1.3. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS

La confrontación de los resultados obtenidos mediante los métodos AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico MEPDG permitirá identificar cuál de ellos ofrece la estructura de pavimento flexible más adecuada para las condiciones de tránsito, clima y suelo del sector Villa Hermosa – Casma.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

La presente investigación se justifica por su relevancia técnica, social y económica, al abordar la confrontación de tres de los métodos más utilizados en el diseño estructural de pavimentos flexibles: AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanístico–Empírico MEPDG. Este análisis comparativo permite generar información útil para la toma de decisiones en la ingeniería vial, con énfasis en las condiciones particulares del sector de Villa Hermosa – Casma.

Desde el enfoque técnico, el estudio busca generar conocimiento actualizado sobre el diseño estructural de pavimentos flexibles mediante la evaluación comparativa de tres metodologías ampliamente utilizadas: AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanístico–Empírico MEPDG. El análisis de cada método permitirá identificar cómo difieren los espesores resultantes del pavimento bajo las condiciones locales específicas, ofreciendo así una base sólida para la toma de decisiones en futuros proyectos de pavimentación.

En el ámbito social, la investigación contribuye a proponer una alternativa de diseño óptima que atienda la limitada infraestructura vial del Centro Poblado Villa Hermosa. La adecuada selección del diseño estructural impactará positivamente en la calidad de vida de los habitantes, reduciendo la exposición al polvo, mejorando la transitabilidad y facilitando el acceso a servicios básicos, aspectos esenciales para un entorno más saludable y seguro.

En el aspecto económico, la propuesta se justifica en que un pavimento diseñado de manera adecuada permitirá reducir los costos de mantenimiento a largo plazo, beneficiando tanto a las entidades responsables de la infraestructura como a los usuarios de la vía. Además, al mejorar la

infraestructura vial, se generará un efecto positivo en la valorización de los predios, promoviendo actividades económicas e inversiones en la zona. De este modo, la investigación no solo aporta al desarrollo urbano sostenible, sino que también promueve la dinamización de la economía local.

II. MARCO TEÓRICO

2. MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES

A nivel internacional Arias (2022) desarrolló el trabajo de investigación titulado **“Comparativo de diseño de pavimento flexible mediante la metodología AASHTO y el método mecanicista en el tramo de la Avenida Jorge Gaitán Cortés entre la calle 58 A Sur y la Av. Villavicencio en la ciudad de Bogotá D.C.”**, esta investigación fue de tipo comparativa con un diseño no experimental, ya que se analizaron dos metodologías distintas aplicadas a un mismo tramo vial sin manipular variables, cuyo objetivo fue trabajar un análisis comparativo entre los diseños de pavimento elaborados a través de las metodologías AASHTO 93 y mecanicista, con la finalidad de analizar parámetros de resistencia y costos que sirvan de base para una mejor gestión de proyectos viales en dicho sector.

Como resultado, se concluyó que el diseño obtenido mediante la metodología mecanicista presentó ventajas estructurales y económicas, al requerir menores espesores en las capas del pavimento y reducir los riesgos de fallas por fatiga. En contraste, se evidenció que la metodología AASHTO, al no considerar ciertos aspectos mecánicos, tiende al sobredimensionamiento estructural, lo que puede generar deterioros prematuros a pesar de proporcionar un mayor factor de seguridad.

Chachinoy et. al (2023) desarrollaron el trabajo titulado **“Diseño de estructura en pavimento flexible para un tramo de la red terciaria del municipio de Pasto, bajo métodos convencionales y no convencionales”**, la investigación fue de tipo cuantitativa y empleó un diseño comparativo no experimental, al enfocarse en la evaluación objetiva de distintas metodologías sin manipulación de variables, tuvo como objetivo analizar y comparar distintas

metodologías de diseño de pavimentos flexibles utilizadas tanto en Colombia como en países con mayor desarrollo en ingeniería vial, tales como Francia y Australia. La investigación se enfocó en evaluar los aspectos técnicos, económicos y de durabilidad asociados a cada método, aplicándolos al tramo Cruz Loma – Jongovito, perteneciente a la red terciaria del municipio de San Juan de Pasto.

Entre sus conclusiones, se identificaron diferencias sustanciales en los espesores de las capas estructurales propuestas por cada método. Por ejemplo, el método francés incluye una estructura más compleja con cuatro capas, mientras que las metodologías AASHTO, Instituto del Asfalto y australiana utilizan configuraciones más simples. Además, se evidenció que cada método aborda la confiabilidad de manera distinta; en AASHTO, esta se relaciona con el tránsito de diseño, mientras que en el método australiano se vincula a las repeticiones admisibles por fatiga. Finalmente, se destacó que el método australiano contempla un periodo de diseño más prolongado, lo que representa una ventaja en términos de durabilidad estructural.

Lainez (2022), desarrolló el trabajo titulado **“Análisis estructural y comparativo para diseño de pavimentos flexibles mediante los softwares IMT-PAVE y WinDEPAV 2.6 del método mecanicista empírico, con el método AASHTO 93”**. La investigación fue de tipo aplicada, con enfoque experimental y basada en el método hipotético-deductivo.

El objetivo principal del estudio fue realizar un análisis estructural y comparativo entre los diseños de pavimentos flexibles obtenidos mediante el método empírico AASHTO 93 y aquellos generados con el enfoque mecanicista-empírico, utilizando los softwares IMT-PAVE y WinDEPAV 2.6. Para ello, se

establecieron tres niveles de tránsito (bajo, medio y alto) expresados en ESALs, a fin de evaluar el comportamiento estructural de cada alternativa de diseño en función de los modelos de deterioro asociados.

Entre los principales hallazgos se determinó que, al ser evaluados con IMT-PAVE, los diseños AASHTO no cumplieron con los criterios de vida útil por fatiga ni por ahuellamiento, debido a deformaciones estructurales en las capas del pavimento. De igual manera, con WinDEPAV se evidenció que los factores de daño fueron inferiores a uno, lo cual reflejó una insuficiencia estructural. En comparación, los diseños elaborados mediante el método mecanicista-empírico mostraron mayor funcionalidad y desempeño a lo largo del periodo de diseño, destacando su capacidad para adaptarse mejor a las condiciones de carga y deterioro.

A nivel Nacional, Tacanga y Vela (2022), desarrollaron el trabajo de investigación titulado **“Análisis comparativo de costos del diseño de pavimento flexible mediante métodos AASHTO-93 y WYOMING, en el tramo Huancaquito Alto – Virú”**. Esta investigación fue de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo y un diseño no experimental, descriptivo-comparativo.

El objetivo principal del estudio fue realizar un análisis comparativo de los costos asociados al diseño de pavimentos flexibles utilizando las metodologías AASHTO-93 y WYOMING, aplicadas a un tramo de 3.04 km de trocha carrozable ubicado en Huancaquito Alto, provincia de Virú. Para ello, se recurrió a técnicas de observación directa y análisis documental, utilizando instrumentos como guías de observación y fichas de datos, y procesando la información mediante estadística descriptiva.

Los resultados mostraron que los espesores estructurales obtenidos

mediante el método AASHTO-93 fueron de 5 cm para la carpeta asfáltica, 20 cm para la base y 25 cm para la subbase. Por otro lado, con el método WYOMING se obtuvieron espesores de 5 cm, 13 cm y 15 cm, respectivamente. En cuanto a los costos directos, el diseño basado en AASHTO-93 resultó en S/. 1,586,406.36, mientras que el diseño WYOMING representó un costo menor, de S/. 1,353,412.25. Estos resultados permitieron concluir que el método WYOMING representa una alternativa más económica, sin comprometer la estructura del pavimento para el tramo en estudio.

Acevedo (2021), presentó el trabajo titulado **“Método AASHTO y método Shell en el diseño de espesores para pavimentos flexibles, Huancayo – Junín”**. Esta investigación fue de tipo aplicada, con un nivel explicativo, utilizando un enfoque experimental y el método científico.

El objetivo principal del estudio fue determinar de qué manera influye la aplicación del método AASHTO y el método Shell en el diseño de espesores para pavimentos flexibles, en la ciudad de Huancayo, región Junín. La hipótesis general que se contrastó fue que ambos métodos influyen significativamente en el diseño de los espesores estructurales del pavimento.

Los resultados fueron aplicados a un tramo experimental y analizados según la condición estructural del pavimento flexible. Como conclusión principal, se determinó que los valores obtenidos por cada metodología difieren en función de los parámetros que consideran. El método AASHTO arrojó un número estructural equivalente de 2.92, mientras que el método Shell obtuvo un valor de 3.05. Esto evidenció que la metodología Shell es más conservadora, al considerar factores adicionales como la temperatura y la viscosidad del cemento asfáltico.

Asimismo, se concluyó que el método Shell exige una mayor cantidad de

consideraciones técnicas, tales como las condiciones climáticas de la zona, las propiedades de los materiales y el tipo de ligante, siendo estos elementos complementarios que no son contemplados en el diseño tradicional del método AASHTO.

A nivel local Balarezo y Vergara (2023) en su investigación: “Comparación entre los métodos Instituto del Asfalto y AASHTO 93 para diseñar pavimento flexible en A.H. Brisas del Mar, 2022”, llevaron a cabo una investigación aplicada de tipo comparativo con diseño descriptivo y analítico, cuyo objetivo fue encontrar el método más apropiado para el diseño estructural del pavimento flexible en el A.H. Brisas del Mar, contrastando los métodos del Instituto del Asfalto y AASHTO 93. La metodología se centró en la aplicación de ambos métodos considerando el periodo de diseño, EAL, módulo resiliente de la subrasante, media de aire anual, tipo de base, uso de cartas de diseño, ESAL, confiabilidad, desviación estándar, índices de servicio, coeficientes de drenaje y número estructural. Los resultados mostraron que el método del Instituto del Asfalto arrojó una estructura de pavimento de 16” compuesta por 4” de capa de rodadura asfáltica, 6” de base granular y subbase. En contraparte, AASHTO 93 propuso una estructura de 12” con 4” de capa de rodadura asfáltica, 4” de base granular y 4” de subbase granular, lo que resulta menos costoso y más económicamente eficiente. Se concluyó que AASHTO 93 tenía un balance general más favorable de factores técnicos y económicos para el diseño de pavimentos flexibles en el área.

2.2. MARCO CONCEPTUAL

2.2.1. PAVIMENTOS

2.2.1.1. DEFINICIÓN

Los pavimentos constituyen soluciones ingenieriles diseñadas para habilitar y optimizar la infraestructura vial, concebidas, proyectadas y ejecutadas con el propósito fundamental de garantizar y preservar condiciones óptimas de transitabilidad vehicular y peatonal a lo largo de su vida útil proyectada. Estas estructuras están conformadas por un conjunto de capas granulares estratificadas y una carpeta de rodadura, las cuales descansan sobre el suelo de cimentación denominado subrasante. El diseño estructural de los pavimentos tiene como objetivo principal transferir y distribuir de manera eficiente las cargas vehiculares desde la superficie de rodadura hacia el suelo de fundación, disipando progresivamente los esfuerzos con la profundidad.

La configuración estructural del pavimento se diseña considerando que los esfuerzos generados por el tránsito vehicular decrecen exponencialmente con la profundidad, motivo por el cual los materiales de mayor capacidad portante y mejores características mecánicas deben ubicarse en las capas superiores. Esta disposición estratégica de materiales permite que toda la estructura trabaje de manera sinérgica para proteger el suelo natural de cimentación, distribuyendo adecuadamente las solicitaciones impuestas durante el periodo de diseño previamente establecido.

2.2.1.2. TIPOS DE PAVIMENTOS

Los pavimentos se clasifican según la forma en que transmiten las cargas vehiculares hacia la subrasante, distinguiéndose tres tipos principales según el Manual de Carreteras del MTC (2014). Esta clasificación responde a criterios estructurales y funcionales que determinan el comportamiento mecánico de cada tipo de pavimento ante las solicitaciones del tráfico y las condiciones ambientales.

Pavimentos Flexibles. Se caracterizan por poseer una carpeta de rodadura constituida por concreto asfáltico. Su denominación como "flexible" obedece al mecanismo particular de transmisión de cargas desde la superficie hasta la subrasante. La capa asfáltica no absorbe la totalidad de los esfuerzos vehiculares, sino que funciona predominantemente como elemento transmisor de cargas. Esta característica estructural determina que los pavimentos flexibles requieran, generalmente, un mayor número de capas intermedias entre la carpeta de rodadura y la subrasante para garantizar una adecuada distribución de tensiones. La estructura típica comprende capas granulares de base y subbase que complementan la función estructural de la carpeta asfáltica (MTC, 2014).

Pavimentos Semirrígidos. Presentan una configuración estructural intermedia entre los pavimentos flexibles y rígidos. Se componen básicamente por capas asfálticas con un espesor total bituminoso considerable, conformado por carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con asfalto. También se incluyen dentro de esta categoría las estructuras constituidas por carpeta asfáltica sobre base tratada con cemento o base tratada con cal. Una característica distintiva es que una o más de sus capas se encuentran rigidizadas artificialmente mediante la incorporación de aditivos estabilizadores como asfalto, emulsión, cemento, cal o productos químicos. Esta rigidización parcial proporciona mayor capacidad estructural que un pavimento flexible convencional. Dentro de esta clasificación se incluyen también los pavimentos adoquinados de concreto (MTC, 2014).

Pavimentos Rígidos. Se distinguen por estar conformados específicamente por losas de concreto de cemento hidráulico como capa de rodadura, apoyadas sobre una capa de subbase granular que tiene como función uniformizar las características de cimentación de la losa. La denominación "rígido" deriva de las propiedades intrínsecas

del concreto hidráulico, material que absorbe en mayor proporción los esfuerzos vehiculares debido a su elevada rigidez y módulo de elasticidad. Esta característica fundamental permite que las cargas vehiculares se distribuyan sobre un área considerablemente mayor en comparación con los pavimentos flexibles. El concreto, debido a su capacidad para resistir esfuerzos de tracción, confiere al pavimento un comportamiento estructural altamente satisfactorio incluso en presencia de sectores con capacidad de soporte reducida en la subrasante. Por esta razón, los pavimentos rígidos generalmente requieren un menor número de capas granulares entre la losa de concreto y la subrasante (MTC, 2014).

2.2.2. PAVIMENTO FLEXIBLE

2.2.2.1. GENERALIDADES

Los pavimentos flexibles representan estructuras viales conformadas por capas superpuestas de materiales procesados y compactados, las cuales descansan sobre la subrasante obtenida mediante trabajos de explanación. Estas estructuras estratificadas deben resistir adecuadamente los esfuerzos generados por las cargas repetidas del tránsito durante el periodo para el cual fue concebida la estructura del pavimento. Para que un pavimento flexible cumpla satisfactoriamente sus funciones estructurales y funcionales, debe reunir determinados parámetros de desempeño fundamentales (UMSS, 2010).

En primer término, debe exhibir resistencia suficiente ante la acción de las cargas impuestas por el tránsito vehicular, distribuyendo los esfuerzos de manera que no se produzcan deformaciones permanentes excesivas ni fallas estructurales prematuras. Asimismo, debe manifestar resistencia ante los agentes de intemperismo, incluyendo variaciones térmicas, precipitación pluvial, radiación solar y ciclos de

humedecimiento y secado, que pueden deteriorar progresivamente los materiales constitutivos.

La superficie de rodadura debe presentar una textura superficial adecuada, adaptada a las velocidades previstas de circulación vehicular, dado que esta característica ejerce una influencia decisiva en la seguridad vial al proporcionar la fricción necesaria entre los neumáticos y el pavimento. Además, debe poseer resistencia al desgaste producido por el efecto abrasivo continuo de las llantas de los vehículos, especialmente en zonas de frenado y aceleración (UMSS, 2010).

La regularidad superficial, tanto transversal como longitudinal, constituye otro parámetro fundamental que permite proporcionar una adecuada comodidad a los usuarios en función de las longitudes de onda de las deformaciones y de la velocidad de circulación. Un pavimento con deficiente regularidad superficial genera incomodidad, incrementa los costos de operación vehicular y reduce la vida útil de los vehículos. La durabilidad del pavimento, entendida como su capacidad para mantener niveles de servicio adecuados durante el periodo de diseño, debe garantizarse mediante la selección apropiada de materiales y procesos constructivos.

Desde la perspectiva económica, el pavimento debe representar la solución más eficiente considerando no solamente los costos de construcción inicial, sino también los costos de mantenimiento, rehabilitación y operación vehicular a lo largo de su ciclo de vida. El ruido de rodadura, tanto en el interior de los vehículos como en el entorno exterior, debe ser adecuadamente moderado para minimizar la contaminación acústica. Finalmente, la coloración de la superficie debe ser apropiada para evitar reflejos y deslumbramientos que comprometan la seguridad de los usuarios (UMSS, 2010).

Figura 1

Pavimento Flexible



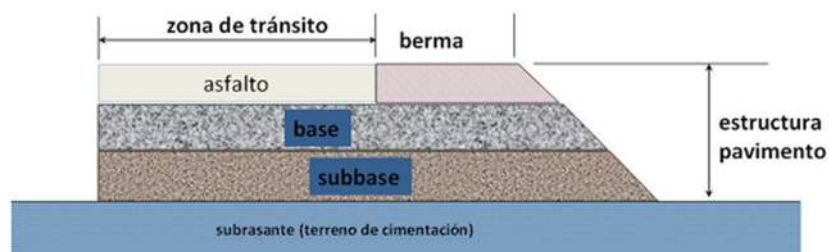
Nota: Elaboración Propia (2025)

2.2.2.2. ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

La estructura típica de un pavimento flexible está constituida por una disposición estratificada de capas de materiales con características y funciones específicas, cada una de las cuales contribuye de manera particular al desempeño estructural y funcional del conjunto. Esta configuración multicapa permite la distribución gradual de los esfuerzos desde la superficie de rodadura hasta la subrasante, optimizando el uso de materiales según sus propiedades mecánicas y su costo (Universidad del Quindío, 2015).

Figura 2

Estructura de pavimento flexible



Nota: Elaboración Propia (2025)

2.2.2.3 SUBRASANTE

Constituye la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras, sobre la cual se apoya toda la estructura del pavimento. Esta capa representa el suelo de cimentación del pavimento y forma parte del prisma de la carretera construido entre el terreno natural explanado y la estructura del pavimento propiamente dicha. La subrasante corresponde a la capa superior del terraplén o al fondo de las excavaciones realizadas en el terreno natural, debiendo estar conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea comprometida por las cargas de diseño provenientes del tránsito vehicular (Universidad del Quindío, 2015). La subrasante del camino constituye la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras, representando el asiento directo de la estructura del pavimento y formando parte integral del prisma de la carretera que se construye entre el terreno natural allanado o explanado y la estructura del pavimento. Esta capa corresponde a la capa superior del terraplén o el fondo de las excavaciones en terreno natural, y soportará directamente la estructura del pavimento diseñada. Debe estar conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas sucesivas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito vehicular (MTC, 2014).

La capacidad de soporte de la subrasante en condiciones de servicio, conjuntamente con el tránsito proyectado y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituyen las variables básicas fundamentales para el diseño racional de la estructura del pavimento que se colocará encima. En la etapa constructiva, los últimos 0.30 m de suelo debajo del nivel superior de la subrasante deberán ser compactados al 95% de la máxima densidad seca obtenida

del ensayo Proctor modificado, garantizando así la uniformidad y estabilidad requeridas (MTC, 2014).

Los suelos ubicados por debajo del nivel superior de la subrasante, en una profundidad no menor de 0.60 m, deberán ser suelos adecuados y estables con valores de CBR iguales o superiores a 6%. En el caso de que el suelo situado debajo del nivel superior de la subrasante presente un valor de CBR inferior a 6% (clasificándose como subrasante insuficiente o inadecuada), corresponde implementar técnicas de estabilización de suelos. El Ingeniero Responsable del proyecto analizará según la naturaleza específica del suelo diversas alternativas de solución, tales como estabilización mecánica, reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geosintéticos, elevación de la rasante o modificación del trazo vial, seleccionando la alternativa más conveniente desde los puntos de vista técnico y económico (MTC, 2014).

El Manual de Carreteras del MTC (2014) establece seis categorías de subrasante en función de su capacidad de soporte medida mediante el ensayo CBR, las cuales se presentan en:

Tabla 1

Categorías de subrasante

Categoría	Clasificación	CBR (%)
S0	Subrasante inadecuada	$CBR < 3\%$
S1	Subrasante insuficiente	$3\% \leq CBR < 6\%$
S2	Subrasante regular	$6\% \leq CBR < 10\%$
S3	Subrasante buena	$10\% \leq CBR < 20\%$
S4	Subrasante muy buena	$20\% \leq CBR < 30\%$
S5	Subrasante excelente	$CBR \geq 30\%$

Nota. Categorías de subrasante según capacidad de soporte. Adaptado de "*Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*", por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 24.

2.2.2.4 SUBBASE GRANULAR

Esta capa, ubicada entre la base granular y la subrasante, cumple funciones estructurales y de transición de significativa relevancia. Desde el punto de vista estructural, su presencia permite reducir los esfuerzos verticales que las cargas vehiculares ejercen sobre la subrasante, protegiéndola de solicitudes excesivas. Como capa de transición, la subbase adecuadamente diseñada impide la penetración y mezcla de los materiales que constituyen la base con los materiales finos de la subrasante, actuando como filtro granulométrico que preserva la calidad de ambas capas. Otro aspecto funcional importante es su capacidad para absorber algunos cambios volumétricos de la capa de subrasante, generalmente asociados a variaciones en su contenido de humedad o a cambios externos de temperatura, impidiendo que dichas deformaciones se reflejen en la superficie de rodamiento. Los materiales constitutivos deben presentar valores de CBR superiores a 40%, garantizando una capacidad de soporte adecuada (Universidad del Quindío, 2015).

2.2.2.5 BASE GRANULAR

Representa una capa fundamental en la estructura del pavimento, situada inmediatamente debajo de la carpeta asfáltica. Su función primordial consiste en proporcionar un elemento resistente de alta capacidad portante que transmita hacia la subbase y la subrasante los esfuerzos producidos por el tránsito en una intensidad apropiada, evitando la falla por corte de los materiales inferiores y controlando las deformaciones permanentes acumuladas. La base debe estar constituida por materiales granulares de alta calidad, con valores de CBR superiores a 80%, que garanticen una

distribución eficiente de cargas y contribuyan a la capacidad estructural global del pavimento. Adicionalmente, debe facilitar el drenaje interno de la estructura, permitiendo la evacuación del agua infiltrada mediante su permeabilidad y conexión con elementos de subdrenaje (Universidad del Quindío, 2015).

2.2.2.6 CARPETA ASFÁLTICA

Constituye la capa superior de la estructura del pavimento y cumple funciones tanto estructurales como funcionales de primordial importancia. Estructuralmente, proporciona un elemento resistente cuya capacidad para soportar esfuerzos de tracción complementa significativamente la capacidad estructural global del pavimento, evitando la propagación de fisuras y deformaciones hacia la superficie. Funcionalmente, debe suministrar una superficie de rodamiento uniforme y estable al tránsito, con textura y coloración convenientes que garanticen condiciones adecuadas de seguridad y comodidad a los usuarios. Una función crítica adicional es la impermeabilización, debiendo impedir, en la medida de lo posible, la infiltración de agua hacia el interior de la estructura del pavimento, protegiendo así la integridad de las capas subyacentes y de la subrasante. Adicionalmente, debe resistir los efectos abrasivos del tránsito vehicular, manteniendo sus características superficiales durante el periodo de diseño (Universidad del Quindío, 2015).

2.2.3. FACTORES DETERMINANTES EN EL DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

2.2.3.1. PERIODO DE DISEÑO

El periodo de diseño llega a variar entre 10 y 20 años, esto constituye uno de los parámetros fundamentales en el dimensionamiento de estructuras de pavimento. Este parámetro representa el intervalo temporal durante el cual la estructura del pavimento

deberá cumplir con los estándares de serviciabilidad establecidos, sin requerir intervenciones estructurales mayores.

La selección del periodo de diseño apropiado depende de múltiples factores, entre los cuales destacan: la clasificación funcional de la carretera, el volumen de tráfico proyectado, las condiciones climáticas de la región, la disponibilidad presupuestaria, y las políticas de conservación vial adoptadas por la entidad administradora.

Figura 3

Periodos de diseño en función del tipo de carretera

TIPO DE CARRETERA:	PERÍODO DE DISEÑO
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30 - 50 años
Interurbana con altos volúmens de tránsito.	20 - 50 años
Pavimentada con altos volúmenes de tránsito.	15 - 25 años
Revestidas con bajos volúmenes de tránsito.	10 -20 años

Nota: Elaboración Propia (2025)

2.2.3.2. ESTUDIO DE TRÁFICO

El estudio de tráfico constituye un componente esencial en el diseño de pavimentos, puesto que las cargas vehiculares representan la principal solicitud que la estructura debe resistir a lo largo de su vida útil. La metodología de análisis del tráfico vehicular para fines de diseño estructural requiere la caracterización precisa de la demanda, tanto en términos de volumen como de composición vehicular y espectro de cargas.

2.2.3.2.1. CONOCIMIENTO DE LA DEMANDA PARA DISEÑO

La demanda vehicular constituye un aspecto fundamental que el ingeniero proyectista debe determinar con precisión suficiente para diseñar adecuadamente tanto

la estructura del pavimento como las características geométricas de la plataforma del camino. El conocimiento detallado de la demanda permite dimensionar correctamente los elementos estructurales y prever su comportamiento durante el periodo de análisis.

Para el diseño estructural del pavimento, resulta imprescindible obtener el Índice Medio Diario Anual (IMDA) para cada tramo vial homogéneo del estudio. Esta información debe complementarse con la clasificación vehicular detallada, identificando la proporción de vehículos ligeros y vehículos pesados (buses y camiones). El cálculo del IMDA requiere el empleo de índices de variación mensual, información que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones mantiene disponible a partir de los registros continuos obtenidos en las estaciones de peaje y pesaje, tanto propias como de las concesiones viales (Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014).

La información recopilada constituye la base para proyectar la demanda durante el periodo de análisis y establecer el número de ejes equivalentes (EE) de diseño para el pavimento. El ingeniero responsable debe sustentar si el crecimiento de la demanda seguirá una tendencia histórica identificable o si será modificada por factores socioeconómicos. El factor de distribución direccional representa la proporción del tráfico de vehículos pesados que circula en cada sentido de tránsito. El factor de distribución de carril corresponde al carril que recibe el mayor número de ejes equivalentes.

Tabla 2

Factores de distribución direccional

Número de calzadas	Número de sentidos	Número de carriles por sentido	Factor Direccional (Fd)	Factor Carril (Fc)	Factor Ponderado (Fd × Fc)
--------------------	--------------------	--------------------------------	-------------------------	--------------------	----------------------------

	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 calzada	1 sentido	4	1.00	0.50	0.50
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
	2 sentidos	2	0.50	0.80	0.40
	2 sentidos	1	0.50	1.00	0.50
2 calzadas	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. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p. 62), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

2.2.3.2.2. CÁLCULO DE TASA DE CRECIMIENTO Y PROYECCIÓN

El cálculo del crecimiento del tránsito se efectúa mediante una fórmula de progresión geométrica, diferenciando el componente de vehículos de pasajeros del componente de vehículos de carga. La expresión matemática que gobierna esta proyección se presenta a continuación:

$$T_n = T_0 (1 + r)^{n-1} \quad (\text{Ecuación 01})$$

Donde:

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

T_0 = Tránsito actual (año base 0) en veh/día

n = Número de años del período de diseño

r = Tasa anual de crecimiento del tránsito

La tasa anual de crecimiento del tránsito se establece en función de la dinámica socioeconómica regional. Convencionalmente, la tasa de crecimiento de vehículos de

pasajeros se asocia con la tasa anual de crecimiento poblacional, mientras que la tasa de crecimiento de vehículos de carga se vincula con la tasa anual de crecimiento económico, expresada como Producto Bruto Interno (PBI). Generalmente, las tasas de crecimiento del tráfico oscilan entre 2% y 6% (Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014).

Para el periodo de diseño, se emplea el Factor de Crecimiento Acumulado (Fca), que considera la tasa anual de crecimiento “r” y el periodo de análisis en años (n):

$$Fca = [(1 + r)^n - 1] / r \quad \text{(Ecuación 02)}$$

2.2.3.2.3. NÚMERO DE REPETICIONES DE EJES EQUIVALENTES

Para el diseño estructural del pavimento, la demanda correspondiente al tráfico pesado de ómnibus y camiones constituye el factor preponderante. El efecto del tránsito se cuantifica mediante la unidad definida por AASHTO como Ejes Equivalentes (EE), acumulados durante el periodo de diseño considerado en el análisis.

AASHTO estableció como un eje equivalente (EE) al efecto de deterioro producido sobre el pavimento por un eje simple de dos ruedas convencionales cargado con 8.2 toneladas de peso, con neumáticos inflados a la presión de 80 lbs/pulg². Los ejes equivalentes representan factores de equivalencia del efecto destructivo de las distintas configuraciones de cargas, por tipo de eje que conforman cada tipo de vehículo pesado, sobre la estructura del pavimento (Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014).

Figura 4

Configuración de Ejes

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	

Nota: Elaboración Propia (2025)

Las configuraciones de ejes vehiculares se clasifican según el número de ejes y la disposición de neumáticos: eje simple con rueda simple (1RS) con 2 neumáticos, eje simple con rueda doble (1RD) con 4 neumáticos, eje tándem con configuraciones mixtas de 6 u 8 neumáticos, y eje trídem con 10 o 12 neumáticos, dependiendo de la combinación de ruedas simples y dobles.

Para el cálculo de los ejes equivalentes se emplean relaciones simplificadas derivadas de correlacionar los valores de las tablas del Apéndice D de la Guía AASHTO 93, diferenciando entre pavimentos flexibles/semirrígidos y pavimentos rígidos. En pavimentos flexibles, las fórmulas de cálculo se expresan en función del peso real por eje (P en toneladas) elevado a la octava potencia, dividido entre valores de referencia específicos para cada tipo de eje:

Tabla 3

Relación de Cargas por Eje

Tipo de Eje	Eje Equivalente (EE)
Eje Simple de ruedas simples	$EE_{rs} = (P / 6.6)^8$
Eje Simple de ruedas dobles	$EE_{rd} = (P / 8.2)^8$
Eje Tándem (1 eje ruedas dobles + 1 eje rueda simple)	$EE_{ts} = (P / 14.8)^8$
Eje Tándem (2 ejes de ruedas dobles)	$EE_{td} = (P / 15.1)^8$
Ejes Trídem (2 ejes ruedas dobles + 1 eje rueda simple)	$EE_{trs} = (P / 20.7)^8$
Ejes Trídem (3 ejes de ruedas dobles)	$EE_{trd} = (P / 21.8)^8$

Nota. P = peso real por eje en toneladas. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p. 65), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

La determinación del tráfico de diseño considera el número proyectado de ejes equivalentes que circularán por el carril de diseño durante el periodo de análisis. El carril de diseño corresponde al carril más solicitado de la carretera, y el resultado se aplica a todos los carriles de la sección vial típica del tramo homogéneo.

El Factor Vehículo Pesado (Fvp) se define como el número promedio de ejes equivalentes por tipo de vehículo pesado, obteniéndose mediante la división de la sumatoria de ejes equivalentes de un determinado tipo de vehículo pesado entre el número total de vehículos de ese tipo. El cálculo emplea las cargas reales por eje obtenidas del censo de cargas vehiculares, utilizando las relaciones de equivalencia correspondientes al tipo de pavimento en diseño. Este procedimiento permite transformar el tráfico mixto de vehículos pesados en un número equivalente de ejes

estándar de 8.2 toneladas, parámetro fundamental para el dimensionamiento estructural del pavimento.

Para el cálculo del Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 ton, en el período de diseño, se usará la siguiente expresión por tipo de vehículo; el resultado final será la sumatoria de los diferentes tipos de vehículos pesados considerados:

Fórmula Principal

$$N_{rep \text{ de EE } 8.2 \text{ ton}} = \Sigma [EE_{\text{día-carril}} \times F_{ca} \times 365] \quad (\text{Ecuación 03})$$

Tabla 4

Parámetros de ejes equivalentes

Parámetro	Descripción
Nrep de EE 8.2t	Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes de 8.2 ton 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 de diseño, 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: $EE_{\text{día-carril}} = IMD_{pi} \times F_d \times F_c \times F_{vpi} \times F_{pi}$
EEdía-carril	donde: • IMD_{pi}: Corresponde al Índice Medio Diario según tipo de vehículo pesado seleccionado (i) • F_d: Factor Direccional, según Cuadro N° 6.1. • F_c: Factor Carril de diseño, según Cuadro N° 6.1. • 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 pesado seleccionado. • F_{pi}: Factor de Presión de neumáticos (según contexto del manual)
Fca	Factor de crecimiento acumulado por tipo de vehículo pesado (según cuadro 6.2)
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 de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p. 73), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

2.2.3.3. SUELOS

Las características geotécnicas de los suelos que conforman la subrasante constituyen un factor determinante en el diseño de pavimentos, dado que la capacidad de soporte del suelo de fundación condiciona directamente los espesores requeridos de las capas superiores de la estructura. La evaluación integral de los suelos comprende la caracterización mediante ensayos normalizados que permiten cuantificar sus propiedades físicas, mecánicas y de clasificación.

Las propiedades fundamentales que deben determinarse para caracterizar adecuadamente los suelos incluyen la granulometría, la plasticidad, el equivalente de arena, el índice de grupo, la humedad natural, la clasificación según sistemas reconocidos y la capacidad de soporte medida a través del ensayo CBR (California Bearing Ratio). A continuación, se desarrollan cada una de estas propiedades conforme a la normativa vigente establecida en el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014).

Figura 5

Signos convencionales para Perfil de Calicatas - AASHTO

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		

Fuente: Simbología AASHTO

Nota: Elaboración Propia (2025)

Figura 6

Signos convencionales para Perfil de Calicatas - SUCS

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

Nota: Elaboración Propia (2025)

Granulometría

La granulometría representa la distribución de tamaños de las partículas que componen el material, determinada mediante tamizado según el ensayo MTC E 107. A partir del análisis granulométrico se pueden estimar, con mayor o menor aproximación, otras propiedades de interés. Este ensayo tiene por finalidad establecer la proporción de los diferentes elementos constituyentes del suelo, clasificados en función de su tamaño. De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se establecen las siguientes clasificaciones:

Tabla 5*Granulometría*

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

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p. 33), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

Plasticidad

La plasticidad constituye la propiedad de estabilidad que manifiestan los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse. La plasticidad de un suelo depende exclusivamente de sus elementos finos, no siendo apreciable mediante el análisis granulométrico, por lo que resulta necesario determinar los Límites de Atterberg.

Los Límites de Atterberg establecen la sensibilidad del comportamiento del suelo en relación con su contenido de humedad, definiendo los límites correspondientes a tres estados de consistencia: líquido, plástico y sólido. Estos límites comprenden: el límite líquido (LL, ensayo MTC E 110), cuando el suelo transita del estado semilíquido al estado plástico; el límite plástico (LP, ensayo MTC E 111), cuando el suelo pasa del estado plástico al estado semisólido; y el límite de contracción (LC, ensayo MTC E 112), cuando el suelo pasa del estado semisólido al estado sólido.

El Índice de Plasticidad (IP) se define como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico:

$$IP = LL - LP$$

(Ecuación 04)

Este índice indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica, permitiendo clasificar adecuadamente el suelo. Un IP elevado corresponde a un suelo muy arcilloso, mientras que un IP reducido caracteriza un suelo poco arcilloso.

Tabla 6

Plasticidad

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

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p. 34), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

Equivalente de Arena

El Equivalente de Arena (EA) representa la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo o material arcilloso presente en los suelos o agregados finos, determinado mediante el ensayo MTC E 114. Este ensayo proporciona resultados comparables a los obtenidos mediante la determinación de los límites de Atterberg, aunque con menor precisión, presentando la ventaja de ser considerablemente más rápido y simple de ejecutar.

El valor de Equivalente de Arena constituye un indicativo de la plasticidad del suelo:

Tabla 7

Equivalente de arena

Equivalente de Arena	Características
$EA > 40$	El suelo no es plástico, es arena
$20 < EA < 40$	El suelo es poco plástico y no heladizo
$EA < 20$	El suelo es plástico y arcilloso

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p. 34), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

Índice de Grupo

El Índice de Grupo constituye un índice normalizado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, fundamentado en gran medida en los límites de Atterberg. Este índice se define mediante la siguiente expresión matemática:

$$IG = 0.2(a) + 0.005(ac) + 0.01(bd) \quad (\text{Ecuación 05})$$

Donde:

$a = F - 35$ (F = fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

$b = F - 15$ (F = fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

$c = LL - 40$ (LL = límite líquido). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.

$d = IP - 10$ (IP = índice plástico). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20 o más.

El Índice de Grupo representa un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el cálculo arroja un valor negativo, se reporta como cero. Un índice

de grupo cero indica un suelo de excelente calidad, mientras que un índice igual o superior a 20 señala un suelo inadecuado para caminos.

Tabla 8

Índice de grupo

Índice de Grupo	Clasificación del Suelo de Subrasante
$IG > 9$	Inadecuado
$4 \leq IG \leq 9$	Insuficiente
$2 \leq IG < 4$	Regular
$1 \leq IG < 2$	Bueno
$0 \leq IG < 1$	Muy Bueno

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p. 34), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

Humedad Natural

La humedad natural constituye otra característica fundamental de los suelos, dado que la resistencia de los suelos de subrasante, particularmente los finos, se encuentra directamente asociada con las condiciones de humedad y densidad que estos presentan.

La determinación de la humedad natural (ensayo MTC E 108) permite su comparación con la humedad óptima obtenida en los ensayos Proctor para la determinación del CBR del suelo (ensayo MTC E 132). Si la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, se propondrá la compactación normal del suelo con el aporte de la cantidad conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad óptima, dependiendo del grado de saturación del suelo, se propondrá aumentar la energía de compactación, airear el suelo, o reemplazar el material saturado (Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014).

Clasificación de los Suelos

Una vez determinadas las características anteriormente descritas, resulta posible estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente mediante el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo, procediendo posteriormente a clasificar los suelos. La clasificación de suelos se efectúa bajo los sistemas normalizados AASHTO M-145 y SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, ASTM D-2487). Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos, contribuyendo a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico.

Tabla 9

Correlación de Tipos de suelos AASHTO – SUCS

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS 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. US Army Corps of Engineers (2014).

Tabla 10

Clasificación de los Suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282

Suelos granulares (35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200))							Suelos finos (más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200))					
A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7		
A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-5	A-7-6	
Análisis granulométrico												
% que pasa por el tamiz de:												
máx. 50		mín. 51										
máx. 30	máx. 50	máx. 50										
máx. 15	máx. 25	máx. 10	máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)												
			máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	máx. 40	mín. 41	mín. 41	mín. 41
máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11	máx. 10	máx. 10	mín. 11	mín. 11 (a)	mín. 11 (b)	
Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos			Suelos arcillosos		
Excelente a bueno									Regular a insuficiente			

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p. 36), por Ministerio de Transportes y

Comunicaciones, 2014.

Fórmula del Índice de Grupo (IG):

$$IG = (F-35) [0.2+0.005 (LL-40)] +0.01 (F-15) (IP-10) \quad \text{(Ecuación 06)}$$

Ensayos CBR

El ensayo CBR (California Bearing Ratio, MTC E 132) constituye el ensayo fundamental para establecer el valor de soporte o resistencia del suelo. Una vez clasificados los suelos mediante los sistemas AASHTO y SUCS, se elabora un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo, a partir del cual se determina el programa de ensayos para establecer el CBR, referido al 95% de la Máxima Densidad Seca (MDS) y a una penetración de carga de 2.54 mm.

Para la obtención del valor CBR de diseño de la subrasante, se consideran los siguientes criterios: en sectores con seis o más valores de CBR por tipo de suelo representativo, se determina el CBR de diseño mediante el promedio de todos los valores analizados. En sectores con menos de seis valores, si los valores son similares se toma el promedio; si los valores son dispersos, se toma el valor crítico (más bajo) o se subdivide la sección en subsectores con valores similares, con longitudes mínimas de 100 m. Una vez definido el CBR de diseño para cada sector homogéneo, se clasifica la subrasante según las siguientes categorías:

Tabla 11

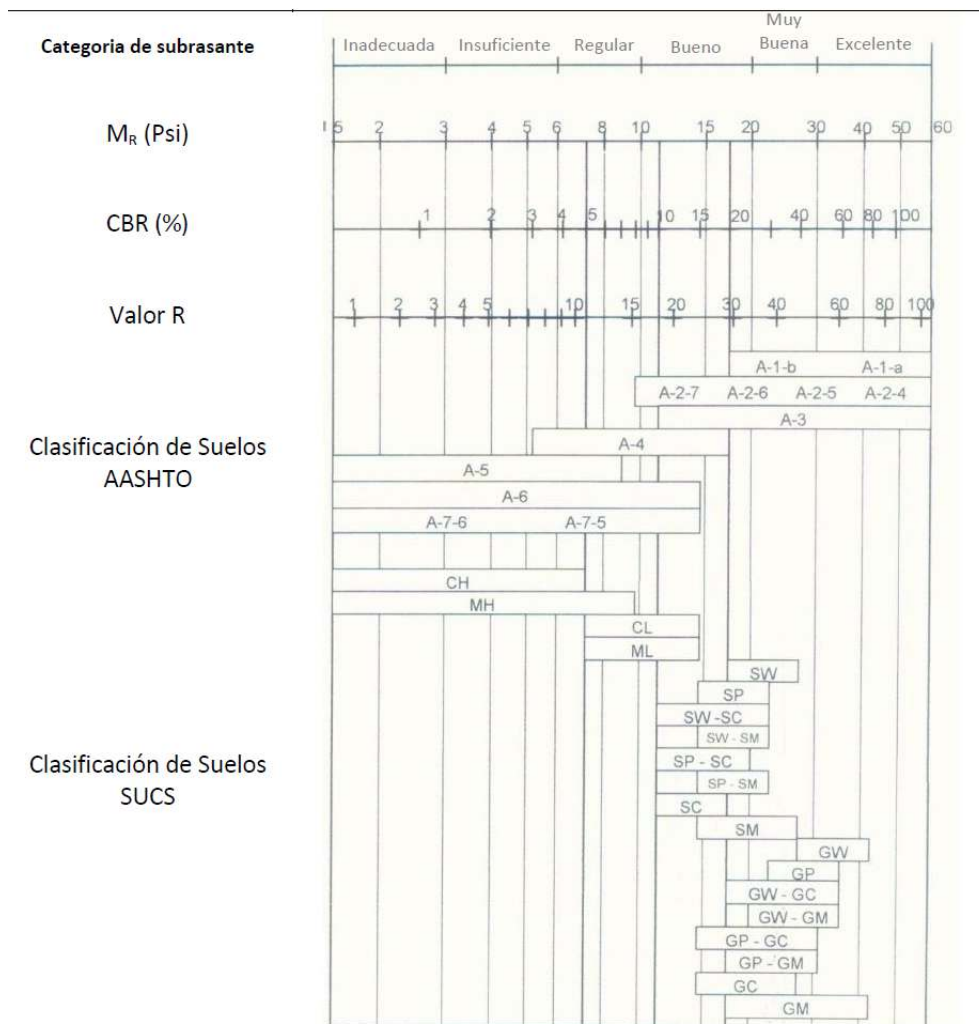
Categoría de Subrasante

Categoría de Subrasante	CBR
S0: Subrasante Inadecuada	$\text{CBR} < 3\%$
S1: Subrasante Insuficiente	$3\% \leq \text{CBR} < 6\%$
S2: Subrasante Regular	$6\% \leq \text{CBR} < 10\%$
S3: Subrasante Buena	$10\% \leq \text{CBR} < 20\%$
S4: Subrasante Muy Buena	$20\% \leq \text{CBR} < 30\%$
S5: Subrasante Excelente	$\text{CBR} \geq 30\%$

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p. 37), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

Figura 7

Correlaciones Típicas entre las Clasificaciones y Propiedades de los Suelos con el Módulo de Resiliente



Fuente: Appendix CC-1 "Correlation of CBR Values with Soil Index Properties"- NCHRP Project 1-37A, 2001. Figure 1. Typical Resilient Modulus Correlations to Empirical Soil Properties and Classification Categories. Guide for Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures.

(*) Valores de CBR y M_R en función a la correlación entre ellas, mencionada en este Manual

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

Nota: Elaboración Propia (2025)

2.2.3.4. CLIMA

El clima constituye un factor ambiental de significativa influencia en el diseño y comportamiento de los pavimentos. Dos son los factores climáticos considerados en el diseño de pavimentos que ejercen mayor impacto: la temperatura y las precipitaciones pluviales o sus equivalentes en forma de nevadas ocasionales.

Tabla 12

Selección del tipo de cemento asfáltico

Temperatura Media Anual	24°C o más	24°C – 15°C	15°C – 5°C	Menos de 5°C
Tipo de cemento	40-50 ó 60-70 ó modificado	60-70 (*)	85-100 120-150 (*)	Asfalto Modificado

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p. 75), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

En el territorio peruano se distinguen tres regiones naturales con características climáticas diferenciadas: la Costa, de clima moderado y ausencia de lluvias; la Sierra, con temperaturas más marcadas en valores extremos y lluvias moderadas; y la Selva, de naturaleza tropical con temperaturas elevadas y precipitaciones muy intensas. Adicionalmente, una subregión en la costa norte presenta características de clima cálido por su ubicación ecuatorial, con presencia esporádica de lluvias tropicales asociadas al Fenómeno de El Niño (Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014).

Temperatura

La temperatura representa un criterio fundamental en el diseño de pavimentos. En los territorios altoandinos del Perú, las temperaturas durante los meses de junio a octubre presentan variaciones diarias en rangos cercanos a 40 grados centígrados, con fenómenos de heladas acompañadas de fuerte radiación solar y vientos fríos.

La temperatura afecta directamente la deformación de la carpeta asfáltica, y las variaciones térmicas producen tensiones en la misma. Las temperaturas bajas favorecen la aparición del agrietamiento por fatiga, fenómeno que se potencia con el ahuellamiento. Por otra parte, las temperaturas elevadas incrementan el ahuellamiento de la carpeta asfáltica. En pavimentos rígidos, las diferencias pronunciadas de temperatura pueden ocasionar el levantamiento de esquinas, debilitándolas hasta su fractura.

Los agrietamientos por temperatura baja y por fatiga incrementan los costos de conservación, mientras que el ahuellamiento genera adicionalmente problemas de seguridad relacionados con el patinaje de los vehículos. En función de las temperaturas regionales, debe seleccionarse la aplicación de cementos asfálticos con rangos de penetración diferenciados, conforme a las especificaciones técnicas vigentes.

Precipitaciones Pluviales

Las precipitaciones pluviales afectan significativamente los requerimientos de diseño de las capas granulares y de los pavimentos, tanto directamente por su presencia superficial sobre la plataforma del camino y su percolación hacia el interior del pavimento, como por el efecto originado por la presencia de aguas cercanas al camino en lagunas y corrientes superficiales o subterráneas que elevan el nivel freático bajo la plataforma.

Un nivel freático elevado próximo a las capas superiores de la subrasante puede desestabilizarlas por el fenómeno de capilaridad del material. La presencia de agua en la superficie del pavimento o en el interior de los materiales que conforman las capas de la estructura causa cambios en sus propiedades técnicas al interactuar con otras variables climáticas como la temperatura, la radiación solar y el viento.

En territorios altoandinos con situaciones climáticas rigurosas, debe prestarse especial atención al cuidado de la carpeta asfáltica para evitar la retención de agua que pueda congelarse y disturbar su comportamiento, proceso que conduciría, junto con la carga del tráfico, a su destrucción acelerada. El sistema de drenaje de la carretera tiene la finalidad de preservar la infraestructura vial del efecto nocivo del agua.

2.2.4 MÉTODO AASHTO 93

2.2.4.1 Período de Diseño

Según el Manual de Carreteras del MTC (página 122), el Período de Diseño a ser empleado para pavimentos flexibles será:

- **Hasta 10 años:** Para caminos de bajo volumen de tránsito
- **Período de diseños por dos etapas:** De 10 años cada una
- **Período de diseño en una etapa:** De 20 años

El Ingeniero de diseño de pavimentos puede ajustar el período de diseño según las condiciones específicas del proyecto y lo requerido por la Entidad.

2.2.4.2 Variables

La Guía AASHTO 93 representa la evolución del método empírico más utilizado mundialmente para el diseño de pavimentos. Desarrollada a partir del AASHO Road Test (1958-1960) realizado en Ottawa, Illinois, y refinada con décadas de experiencia práctica, constituye el estándar internacional para el diseño de pavimentos.

El AASHO Road Test fue el experimento más ambicioso realizado en ingeniería de pavimentos, donde se construyeron y ensayaron múltiples secciones de pavimento bajo condiciones controladas de tráfico y clima. Los resultados de este ensayo proporcionaron las bases empíricas para el desarrollo de las ecuaciones de diseño.

La metodología se basa en el concepto de **serviciabilidad**, definida como la capacidad del pavimento para servir al tráfico para el cual fue diseñado. Este concepto revolucionario introdujo criterios de comodidad y funcionalidad además de los criterios puramente estructurales.

Aplicación en el Perú: El método AASHTO 93 es el más utilizado en el Perú para el diseño de pavimentos flexibles, habiendo sido adoptado oficialmente por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) en su Manual de Carreteras. Su amplia aceptación se debe a:

- Validación empírica extensa
- Facilidad de aplicación
- Adaptabilidad a condiciones locales
- Respaldo institucional del MTC

Ecuación Fundamental de Diseño

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

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_0 + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.20 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

(Ecuación 07)

Donde: - W_{18} = Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN)
- Z_R = Coeficiente Estadístico de Desviación Estándar Normal - S_0 = Desviación Estándar Combinada - SN = Número Estructural - ΔPSI = Diferencial de Serviciabilidad - M_R = Módulo Resiliente de la subrasante (psi)

2.2.4.2.1 Ejes Equivalentes W_{18}

W_{18} es el Número Acumulado de Ejes Simples Equivalentes a 18000 lb (80 kN) para el período de diseño, corresponde al Número de Repeticiones de EE de 8.2t; el cual se establece con base en la información del estudio de tráfico.

El cálculo de ejes equivalentes considera: - Composición vehicular del tráfico - Factores de equivalencia por tipo de eje - Factores direccional y de carril - Tasa de crecimiento del tráfico - Período de diseño adoptado

Procedimiento de Cálculo:

- **Determinación del IMD por tipo de vehículo**
- **Aplicación de factores de equivalencia de carga**
- **Proyección del tráfico durante el período de diseño**
- **Cálculo de ejes equivalentes acumulados**

La fórmula general para el cálculo es:

$$W_{18} = \sum_{i=1}^n \left[IMD_i \times FD \times FC \times FE_i \times 365 \times \frac{(1+r)^n - 1}{r} \right] \quad (\text{Ecuación 08})$$

2.2.4.2.2 Módulo Resiliente MR

El Módulo Resiliente (M_R) es una medida de la rigidez del suelo de subrasante, el cual, para su cálculo, deberá determinarse mediante el ensayo de Resiliente determinado de acuerdo a las recomendaciones del AASHTO.

Para el Manual MTC, solo con fines ilustrativos se muestran los valores M_R y CBR en el Cuadro 12.5:

Tabla 13

Módulo Resiliente obtenido por correlación con CBR

CBR%	MÓDULO RESILIENTE	MÓDULO RESILIENTE
SUBRASANTE	(PSI)	(MPA)
6	8,043	55.45
7	8,877	61.20
8	9,669	66.67
9	10,426	71.88
10	11,153	76.90
11	11,854	81.73
12	12,533	86.41
13	13,192	90.96
14	13,833	95.38
15	14,457	99.68
16	15,067	103.88
17	15,663	107.99
18	16,247	112.02
19	16,819	115.96
20	17,380	119.83
21	17,931	123.63
22	18,473	127.37
23	19,006	131.04
24	19,531	134.66
25	20,048	138.23
26	20,558	141.74
27	21,060	145.20
28	21,556	148.62
29	22,046	152.00
30	22,529	155.33

Nota: Elaboración propia, en base a la ecuación de correlación CBR – MR, emitido por TRRL

2.2.4.2.3 Confiabilidad %R

El método AASHTO incorpora el criterio de la confiabilidad (%R) que representa la probabilidad que una determinada estructura se comporte, durante su período de diseño, de acuerdo con lo previsto. Esta probabilidad está en función de la variabilidad de los factores que influyen sobre la estructura del pavimento y su comportamiento.

Factores que pueden reducir la vida útil prevista: - Calidad de la construcción deficiente - Condiciones climáticas extraordinarias - Crecimiento excepcional del tráfico pesado mayor a lo previsto - Otros factores no previstos

De acuerdo a la guía AASHTO es suficientemente aproximado considerar que el comportamiento del pavimento con el tráfico sigue una ley de distribución normal, en consecuencia, pueden aplicarse conceptos estadísticos para lograr una confiabilidad determinada.

Tabla 14

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

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,000 - 150,000	65%
	TP1	150,001 - 300,000	70%
	TP2	300,001 - 500,000	75%
	TP3	500,001 - 750,000	80%
	TP4	750,001 - 1,000,000	80%
Resto de Caminos	TP5	1,000,001 - 1,500,000	85%

TP6	1,500,001 - 3,000,000	85%
TP7	3,000,001 - 5,000,000	85%
TP8	5,000,001 - 7,500,000	90%
TP9	7,500,001 - 10,000,000	90%
TP10	10,000,001 - 12,500,000	90%
TP11	12,500,001 - 15,000,000	90%
TP12	15,000,001 - 20,000,000	95%
TP13	20,000,001 - 25,000,000	95%
TP14	25,000,001 - 30,000,000	95%
TP15	>30,000,000	95%

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

Para un diseño por etapas, según AASHTO, se deben determinar las confiabilidades de cada etapa, teniendo en cuenta la confiabilidad total correspondiente a todo el período de diseño:

$$R_{Etapa} = (R_{Total})^{1/n} \quad (\text{Ecuación 09})$$

Donde: - R_{Etapa} = Confiabilidad de cada etapa - R_{Total} = Confiabilidad total para el período total de diseño - n = Número de etapas

Tabla 15

Valores recomendados de Nivel de Confiabilidad para dos etapas de diseño de 10 años cada una según rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	NIVEL DE CONFIABILIDAD (R)
1ERA. ETAPA			
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	TP0	75,000 - 150,000	81%
	TP1	150,001 - 300,000	84%
	TP2	300,001 - 500,000	87%

Resto de Caminos	TP3	500,001 - 750,000	89%
	TP4	750,001 - 1,000,000	89%
	TP5	1,000,001 - 1,500,000	92%
	TP6	1,500,001 - 3,000,000	92%
	TP7	3,000,001 - 5,000,000	92%
	TP8	5,000,001 - 7,500,000	95%
	TP9	7,500,001 - 10,000,000	95%
	TP10	10,000,001 - 12,500,000	95%
	TP11	12,500,001 - 15,000,000	95%
	TP12	15,000,001 - 20,000,000	97%
	TP13	20,000,001 - 25,000,000	97%
	TP14	25,000,001 - 30,000,000	97%
	TP15	>30,000,000	97%

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p.

127), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

2.2.4.2.4 Coeficiente Estadístico ZR

El coeficiente estadístico de Desviación Estándar Normal (Z_R) representa el valor de la Confiabilidad seleccionada, para un conjunto de datos en una distribución normal.

Tabla 16

Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Z_R) para una sola etapa de diseño (10 o 20 años)

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_R)
Caminos de Bajo			
Volumen de Tránsito	TP0	75,000 - 150,000	-0.385
	TP1	150,001 - 300,000	-0.524

	TP2	300,001 - 500,000	-0.674
	TP3	500,001 - 750,000	-0.842
	TP4	750,001 - 1,000,000	-0.842
Resto de Caminos	TP5	1,000,001 - 1,500,000	-1.036
	TP6	1,500,001 - 3,000,000	-1.036
	TP7	3,000,001 - 5,000,000	-1.036
	TP8	5,000,001 - 7,500,000	-1.282
	TP9	7,500,001 - 10,000,000	-1.282
	TP10	10,000,001 - 12,500,000	-1.282
	TP11	12,500,001 - 15,000,000	-1.282
	TP12	15,000,001 - 20,000,000	-1.645
	TP13	20,000,001 - 25,000,000	-1.645
	TP14	25,000,001 - 30,000,000	-1.645
	TP15	>30,000,000	-1.645

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p.

126), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

Tabla 17

Coeficiente Estadístico de la Desviación Estándar Normal (Z_R) para dos etapas de diseño de 10 años cada una

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	DESVIACIÓN ESTÁNDAR NORMAL (Z_R)
Caminos de Bajo			
Volumen de Tránsito	TP0	75,000 - 150,000	-0.878
	TP1	150,001 - 300,000	-0.994
	TP2	300,001 - 500,000	-1.126
	TP3	500,001 - 750,000	-1.227
	TP4	750,001 - 1,000,000	-1.227
Resto de Caminos	TP5	1,000,001 - 1,500,000	-1.405

TP6	1,500,001 - 3,000,000	-1.405
TP7	3,000,001 - 5,000,000	-1.405
TP8	5,000,001 - 7,500,000	-1.645
TP9	7,500,001 - 10,000,000	-1.645
TP10	10,000,001 - 12,500,000	-1.645
TP11	12,500,001 - 15,000,000	-1.645
TP12	15,000,001 - 20,000,000	-1.881
TP13	20,000,001 - 25,000,000	-1.881
TP14	25,000,001 - 30,000,000	-1.881
TP15	>30,000,000	-1.881

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p. 126), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

2.2.4.2.5 Desviación Estándar Combinada S_0

La Desviación Estándar Combinada (S_0) es un valor que toma en cuenta la variabilidad esperada de la predicción del tránsito y de los otros factores que afectan el comportamiento del pavimento; como, por ejemplo, construcción, medio ambiente, incertidumbre del modelo.

La Guía AASHTO recomienda adoptar para los pavimentos flexibles, valores de S_0 comprendidos entre 0.40 y 0.50. En el Manual MTC se adopta para los diseños recomendados el valor de $S_0 = 0.45$.

2.2.4.2.6 Índice de Serviciabilidad Presente ΔPSI

El Índice de Serviciabilidad Presente es la comodidad de circulación ofrecida al usuario. Su valor varía de 0 a 5. Un valor de 5 refleja la mejor comodidad teórica (difícil de alcanzar) y por el contrario un valor de 0 refleja el peor. Cuando la condición de la vía decrece por deterioro, el PSI también decrece.

2.2.4.2.7 Serviciabilidad Inicial P_i

La Serviciabilidad Inicial (P_i) es la condición de una vía recientemente construida.

Tabla 18

Índice de Serviciabilidad Inicial (P_i) Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (P_i)
Caminos de Bajo			
Volumen de Tránsito	TP0	75,000 - 150,000	3.80
	TP1	150,001 - 300,000	3.80
	TP2	300,001 - 500,000	3.80
	TP3	500,001 - 750,000	3.80
	TP4	750,001 - 1,000,000	3.80
Resto de Caminos	TP5	1,000,001 - 1,500,000	4.00
	TP6	1,500,001 - 3,000,000	4.00
	TP7	3,000,001 - 5,000,000	4.00
	TP8	5,000,001 - 7,500,000	4.00
	TP9	7,500,001 - 10,000,000	4.00
	TP10	10,000,001 - 12,500,000	4.00
	TP11	12,500,001 - 15,000,000	4.00
	TP12	15,000,001 - 20,000,000	4.20
	TP13	20,000,001 - 25,000,000	4.20
	TP14	25,000,001 - 30,000,000	4.20
	TP15	>30,000,000	4.20

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p.

127), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

2.2.4.2.8 Serviciabilidad Final Pt

La Serviciabilidad Terminal (Pt) es la condición de una vía que ha alcanzado la necesidad de algún tipo de rehabilitación o reconstrucción.

Tabla 19

Índice de Serviciabilidad Final (P_t) Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (P_t)
Caminos de Bajo			
Volumen de Tránsito	TP0	75,000 - 150,000	2.00
	TP1	150,001 - 300,000	2.00
	TP2	300,001 - 500,000	2.00
	TP3	500,001 - 750,000	2.00
	TP4	750,001 - 1,000,000	2.00
Resto de Caminos	TP5	1,000,001 - 1,500,000	2.50
	TP6	1,500,001 - 3,000,000	2.50
	TP7	3,000,001 - 5,000,000	2.50
	TP8	5,000,001 - 7,500,000	2.50
	TP9	7,500,001 - 10,000,000	2.50
	TP10	10,000,001 - 12,500,000	2.50
	TP11	12,500,001 - 15,000,000	2.50
	TP12	15,000,001 - 20,000,000	3.00
	TP13	20,000,001 - 25,000,000	3.00
	TP14	25,000,001 - 30,000,000	3.00
	TP15	>30,000,000	3.00

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p.

127), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

Variación de Serviciabilidad (ΔPSI):

ΔPSI es la diferencia entre la Serviciabilidad Inicial y Terminal asumida para el proyecto en desarrollo:

$$\Delta PSI = P_i - P_t \quad (\text{Ecuación 10})$$

Tabla 20

Diferencial de Serviciabilidad (ΔPSI) Según Rango de Tráfico

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS	DIFERENCIAL DE SERVICIABILIDAD (ΔPSI)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito			
	TP0	75,000 - 150,000	1.80
	TP1	150,001 - 300,000	1.80
	TP2	300,001 - 500,000	1.80
	TP3	500,001 - 750,000	1.80
	TP4	750,001 - 1,000,000	1.80
Resto de Caminos	TP5	1,000,001 - 1,500,000	1.50
	TP6	1,500,001 - 3,000,000	1.50
	TP7	3,000,001 - 5,000,000	1.50
	TP8	5,000,001 - 7,500,000	1.50
	TP9	7,500,001 - 10,000,000	1.50
	TP10	10,000,001 - 12,500,000	1.50
	TP11	12,500,001 - 15,000,000	1.50
	TP12	15,000,001 - 20,000,000	1.20
	TP13	20,000,001 - 25,000,000	1.20
	TP14	25,000,001 - 30,000,000	1.20
	TP15	>30,000,000	1.20

Nota. Elaboración Propia (2025)

2.2.4.2.9 Número Estructural Propuesto NR

Los datos obtenidos y procesados se aplican a la ecuación de diseño AASHTO y se obtiene el Número Estructural, que representa el espesor total del pavimento a colocar y debe

ser transformado al espesor efectivo de cada una de las capas que lo constituirán, o sea de la capa de rodadura, de base y de subbase, mediante el uso de los coeficientes estructurales.

Esta conversión se obtiene aplicando la siguiente ecuación:

$$SN = a_1 \times d_1 + a_2 \times d_2 \times m_2 + a_3 \times d_3 \times m_3 \quad (\text{Ecuación 11})$$

Donde: - a_1 , a_2 , a_3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente - d_1 , d_2 , d_3 = espesores (en centímetros) de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente - m_2 , m_3 = coeficientes de drenaje para las capas de base y subbase, respectivamente

Según AASHTO la ecuación SN no tiene una solución única, es decir hay muchas combinaciones de espesores de cada capa que dan una solución satisfactoria. El Ingeniero Proyectista debe realizar un análisis de comportamiento de las alternativas de estructuras de pavimento seleccionadas, de tal manera que permita decidir por la alternativa que presente los mejores valores de niveles de servicio, funcionales y estructurales, menores a los admisibles, en relación al tránsito que debe soportar la calzada.

Coeficientes Estructurales

Los valores de los coeficientes estructurales considerados en el Manual MTC son:

Tabla 21

Coeficientes Estructurales de las Capas del Pavimento a_i

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

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p.

129), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

Coeficientes de Drenaje

La ecuación SN de AASHTO también requiere del coeficiente de drenaje de las capas granulares de base y subbase. Este coeficiente tiene por finalidad tomar en cuenta la influencia del drenaje en la estructura del pavimento.

El valor del coeficiente de drenaje está dado por dos variables que son: a. La calidad del drenaje b. Exposición a la saturación, que es el porcentaje de tiempo durante el año en que un pavimento está expuesto a niveles de humedad que se aproximan a la saturación

Tabla 22

Calidad del Drenaje

CALIDAD DEL DRENAJE	TIEMPO EN QUE TARDA EL AGUA EN SER EVACUADA
Excelente	2 horas
Bueno	1 día
Mediano	1 semana
Malo	1 mes
Muy malo	El agua no evacua

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p. 131), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

Tabla 23

Valores recomendados del Coeficiente de Drenaje m_i para Bases y SubBases granulares no tratadas en Pavimentos Flexibles

CALIDAD DEL DRENAJE	P=% DEL TIEMPO EN QUE EL PAVIMENTO ESTÁ EXPUESTO A NIVELES DE HUMEDAD CERCANO A LA SATURACIÓN
	MENOR QUE 1%
Excelente	1.40 – 1.35
Bueno	1.35 – 1.25
Regular	1.25 – 1.15
Insuficiente	1.15 – 1.05
Muy Insuficiente	1.05 – 0.95

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p. 132), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

Los valores de los son rangos referenciales, los valores puntuales deben ser demostrados en función a las características del material de Base o Subbase.

Para la definición de las secciones de estructuras de pavimento del Manual MTC, el coeficiente de drenaje para las capas de base y subbase asumido fue de $m_2 = m_3 = 1.00$.

Números Estructurales Requeridos

En función a los parámetros requeridos por AASHTO y especificados en los cuadros anteriores, se han determinado los diferentes Números Estructurales requeridos, para cada rango de tráfico expresado en ejes equivalentes (EE) y rango de tipo de suelos.

Tabla 24

Número Estructural Requerido para Pavimentos Flexibles (SN) – Período de diseño 20 años

CLASE DE TRÁNSITO	TIPO SUB RASANTE
	Inadecuada CBR < 3 % (*)
TP0 (75,000 < Rep. EE ≤ 150,000)	2.136
TP1 (150,000 < Rep. EE ≤ 300,000)	2.470
TP2 (300,000 < Rep. EE ≤ 500,000)	2.702
TP3 (500,000 < Rep. EE ≤ 750,000)	2.956
TP4 (750,000 < Rep. EE ≤ 1'000,000)	3.107
TP5 (1'000,000 < Rep. EE ≤ 1'500,000)	3.434
TP6 (1'500,000 < Rep. EE ≤ 3'000,000)	3.866
TP7 (3'000,000 < Rep. EE ≤ 5'000,000)	4.206
TP8 (5'000,000 < Rep. EE ≤ 7'500,000)	4.630
TP9 (7'500,000 < Rep. EE ≤ 10'000,000)	4.837
TP10 (10'000,000 < Rep. EE ≤ 12'500,000)	5.092
TP11 (12'500,000 < Rep. EE ≤ 15'000,000)	5.226
TP12 (15'000,000 < Rep. EE ≤ 20'000,000)	5.341
TP13 (20'000,000 < Rep. EE ≤ 25'000,000)	5.907

TP14 ($25'000,000 < \text{Rep. EE} \leq 30'000,000$)

6.052

Nota. Adaptado de Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (p. 133), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

Este marco conceptual proporciona la fundamentación teórica completa para el diseño de pavimentos flexibles utilizando la metodología AASHTO 93, estableciendo todos los parámetros, procedimientos y criterios técnicos necesarios para la aplicación práctica del método en proyectos de ingeniería vial.

2.2.5. MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

En el procedimiento de diseño, el pavimento se considera un sistema elástico de capas múltiples. Los materiales en cada una de las capas son caracterizados por un módulo de elasticidad y por el módulo de Poisson. El tráfico se expresa en términos de número de aplicaciones de un eje simple de carga equivalente a 80 kN (18,000 lb) aplicado al pavimento en dos juegos de neumáticos duales. Para propósitos de análisis, el neumático dual se aproxima a dos círculos de radio = 115 mm (4.52 in.) espaciado a 345 mm (13.57 in.) de centro a centro, el eje de carga correspondiente a 80 kN (18,000 lb) y la presión del contacto de 483 kPa (70 psi).

El procedimiento puede usarse para diseñar pavimentos de asfalto compuesto de varias combinaciones de superficie y base de concreto asfáltico, superficie y base de emulsión asfáltica (con superficie tratada), y base y sub-base de agregado no tratado (MTC, 2014).

2.2.5.1. Variables

2.2.5.1.1. Carril de Diseño

Para calles y carreteras de dos carriles, el Carril de Diseño puede ser cualquier carril de la facilidad del pavimento. Para las calles y carreteras de carriles múltiples es generalmente el carril externo. Bajo algunas condiciones los camiones pueden viajar más en una dirección que

en la otra. En muchos lugares, camiones cargados viajarán en una dirección y camiones vacíos en la otra dirección. En la ausencia de datos específicos, la siguiente tabla puede usarse para determinar la proporción relativa de camiones a ser esperados para el Carril del Diseño (MTC, 2014).

Tabla 25

Número de carriles

Número de Carriles de Tráfico (Dos Direcciones)	Porcentaje de Camiones en el Carril de Diseño
2	50
4	45 (35-48) *
6 ó 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.

2.2.5.1.2. Factor de Crecimiento del Tráfico

El crecimiento puede ser estimado para el diseño usando el Factor de Crecimiento dado en la tabla siguiente. Estos factores multiplicados por la estimación de tráfico del primer año (EAL) dará el número total de repeticiones de carga esperado durante el Período del Diseño.

Tabla 26

Tasa de crecimiento

Periodo de Diseño, años (n)		Tasa de Crecimiento Anual, (r) Porcentaje						
	Ningún Crecimiento	2	4	5	6	7	8	10
1	1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	2	2,02	2,04	2,05	2,06	2,07	2,08	2,10
3	3	3,06	3,12	3,15	3,18	3,21	3,25	3,31
4	4	4,12	4,25	4,31	4,37	4,44	4,51	4,64
5	5	5,2	5,42	5,53	5,64	5,75	5,87	6,11
6	6	6,31	6,63	6,80	6,98	7,15	7,34	7,72
7	7	7,43	7,90	8,14	8,39	8,65	8,92	9,49
8	8	8,58	9,21	9,55	9,90	10,26	10,64	11,44
9	9	9,75	10,58	11,03	11,49	11,98	12,49	13,58
10	10	10,95	12,01	12,58	13,18	13,82	14,49	15,94
11	11	12,17	13,49	14,21	14,97	15,78	16,65	18,53
12	12	13,41	15,03	15,92	16,87	17,89	18,98	21,38
13	13	14,68	16,63	17,71	18,88	20,14	21,50	24,52
14	14	15,97	18,29	19,60	21,02	22,55	24,21	27,97
15	15	17,29	20,02	21,58	23,28	25,13	27,15	31,77
16	16	18,64	21,82	23,66	25,67	27,89	30,32	35,95
17	17	20,01	23,70	25,84	28,21	30,84	33,75	40,54
18	18	21,41	25,65	28,13	30,91	34,00	37,45	45,60
19	19	22,84	27,67	30,54	33,76	37,38	41,45	51,16
20	20	24,3	29,78	33,07	36,79	41,00	45,76	57,27
25	25	32,03	41,65	47,73	54,86	63,25	73,11	98,35
30	30	40,57	56,08	66,44	79,06	94,46	113,28	164,49
35	35	49,99	73,65	90,32	111,43	138,24	172,32	271,02

Nota: Adaptado de la Tabla IV-3 del Manual para Diseño de Espesores (MS-1) de

Pavimentos Asfálticos para Calles y Carreteras, Instituto del Asfalto, 1991, p. 15.

2.2.5.1.3. Factor Equivalente de Carga

Tabla 27

Factor de Equivalencia de carga

Carga de Eje Bruto		Factores de Carga Equivalente		
kN	lb	Ejes Simple	Ejes Tándem	Ejes Tridem
4,45	1000	0,00002		
8,9	2000	0,00018		
17,8	4000	0,00209	0,0003	
26,7	6000	0,01043	0,001	0,0003
35,6	8000	0,0343	0,003	0,001
44,5	10000	0,0877	0,007	0,002
53,4	12000	0,189	0,014	0,003
62,3	14000	0,36	0,027	0,006
71,2	16000	0,623	0,047	0,011
80	18000	1	0,077	0,017
89	20000	1,51	0,121	0,027
97,9	22000	2,18	0,18	0,04
106,8	24000	3,03	0,26	0,057
115,6	26000	4,09	0,364	0,08
124,5	28000	5,39	0,495	0,109
133,4	30000	6,97	0,658	0,145
142,3	32000	8,88	0,857	0,191
151,2	34000	11,18	1,095	0,246
160,1	36000	13,93	1,38	0,313
169	38000	17,2	1,7	0,393
178	40000	21,08	2,08	0,487
187	42000	25,64	2,51	0,597
195,7	44000	31	3	0,723
204,5	46000	37,24	3,55	0,868
213,5	48000	44,5	4,17	1,033
224	50000	52,88	4,86	1,22
231,3	52000		5,63	1,43
240,2	54000		6,47	1,66
249	56000		7,41	1,91
258	58000		8,45	2,2
267	60000		9,59	2,51
275,8	62000		10,84	2,85
284,5	64000		12,22	3,22
293,5	66000		13,73	3,62
302,5	68000		15,38	4,05
311,5	70000		17,19	4,52
320	72000		19,16	5,03
329	74000		21,32	5,57
338	76000		23,66	6,15
347	78000		26,22	6,78
356	80000		29	7,45
364,7	82000		32	8,2

373,6	84000	35,3	8,9
382,5	86000	38,8	9,8
391,4	88000	42,6	10,6
400,3	90000	46,8	11,6

Nota: Apéndice D, AASHTO, Guide for Design of Pavement Structures, Washington, D.C.

1993

2.2.5.1.4. Factor de Ajuste de EAL

Otro factor que podría ser considerado en la determinación del EAL de Diseño es el efecto perjudicial de presiones de contacto de neumático superiores. Si las medidas de neumático de camión reales indican que presiones de inflación son significativamente anteriores a la condición de carga normal (70 psi), entonces los factores de ajuste de la siguiente figura pueden usarse para modificar el tráfico del diseño para esta tensión adicional. Este ajuste es hecho multiplicando el EAL de diseño inicial por el Factor de Ajuste de EAL (de la línea de espesor de concreto asfalto apropiada) para cada tipo del vehículo individual o para la condición del camión promedio. Típicamente, las presiones de contacto de neumático de camión son iguales al 90 % de la presión de inflación de neumático aproximadamente.

2.2.5.1.5. Estimación de EAL de Diseño

El procedimiento para determinar el EAL de Diseño es el siguiente:

Determinar el número promedio de cada vehículo según clasificación y el valor promedio anual en el año del periodo de diseño

Elegir un valor para el Carril de Diseño

Calcular el factor de Crecimiento teniendo en cuenta el periodo de diseño y la tasa de crecimiento anual

Seleccionar el factor Equivalente de Carga para cada vehículo según la tabla considerando el peso por eje y el tipo de eje

Elegir el Factor de Ajuste en función a la presión promedio de los neumáticos.

Luego de tener los factores mencionados se utiliza la siguiente ecuación:

$$EAL = \sum F_{eq} \times IMDa \times F_c \times C_d \times F_A \times 365 \quad (\text{Ecuación 12})$$

Donde:

F_{eq}: Factor Equivalente de Carga

IMDa: Índice Medio Diario Anual obtenido del conteo vehicular

F_c: Factor de Crecimiento

C_d: Carril de Diseño

F_A: Factor de Ajuste de EAL

2.2.5.1.6. Obtención del Módulo Resiliente

Para el diseño de los espesores de una sección estructural del pavimento flexible, el método del Instituto del Asfalto considera importante caracterizar los materiales mediante la determinación del Módulo de Resiliencia (MR).

En orden de facilitar el uso de los ábacos de diseño con otros ensayos ampliamente usados, se han establecido correlaciones con el Índice de Soporte California (CBR).

El módulo de resiliencia puede ser aproximado de los valores de los ensayos CBR según la relación:

$$MR \text{ (MPa)} = 10.3 \text{ CBR} \quad (\text{Ecuación 13})$$

o

$$MR \text{ (psi)} = 1500 \text{ CBR} \quad (\text{Ecuación 14})$$

Las correlaciones anteriores solo se aplican a materiales de la subrasante, no así a materiales granulares utilizados en las capas de sub-bases o base.

El módulo de resiliencia de la subrasante de diseño está definido como el valor del módulo de resiliencia de la subrasante que es menor del 60, 75, ó 87,5 por ciento de todos los valores del ensayo en la sección. Estos porcentajes se relacionan a los niveles de tráfico como se muestra en la tabla siguiente.

Tabla 28

Niveles de tráfico

Nivel de Tráfico EAL	Valor de la Subrasante de Diseño
10 ⁴ ó menos	60
Entre 10 ⁴ y 10 ⁶	75
10 ⁶ ó 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. 26.

2.2.5.1.7. Tipos de Base para Carpeta Asfáltica

Los tipos de base a ser considerados: concreto asfáltico, mezcla de emulsiones asfálticas Tipo I, II ó III, base o sub-base no tratadas.

2.2.5.1.8. Espesores mínimos de la carpeta asfáltica según tipo de base

Tabla 29

Espesores mínimos de acuerdo al tipo de EAL

Nivel de Tráfico EAL	Tipo II y III ¹	
	mm	(in.)
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. 36.

Tabla 30

Tráfico EAL

Tráfico EAL	Condición de Tráfico	Espesor Mínimo de Concreto Asfáltico
10 ⁴ o menos	Parques de estacionamiento de tráfico ligero, entradas de autos y caminos rurales	75 mm (3.0 in.)*
Entre 10 ⁴ & 10 ⁶	Tráfico medio del camión	100 mm (4.0 in.)
10 ⁶ ó más	Tráfico pesado del camión	125 mm (5.0 in.) o mayor

* Para concreto asfáltico Full-Depth o pavimento de emulsiones asfálticas, un espesor mínimo de 100 mm (4 in.) se aplica en esta región de tráfico, como mostrado en los ábacos de diseño.

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. 38.

2.2.5.1.9. Factores Ambientales

En áreas de suelos susceptibles a altas heladas y a condiciones de temperaturas bajas, puede ser necesario quitar y reemplazar el suelo susceptible a heladas o tomar otras precauciones para la construcción del pavimento. En climas sumamente calientes, deben diseñarse las mezclas asfálticas para resistir a la fisuración y mantenerse firme a temperaturas altas. Estos valores son importantes, ya que contar con los datos de temperatura permite seleccionar adecuadamente las cartas de diseño y determinar cuál de ellas debe emplearse en el proceso de diseño del pavimento.

2.2.5.2. Determinación de Espesores

Una vez determinados los parámetros de EAL de diseño (tráfico), los valores del módulo resiliente de la subrasante, el factor climático y el tipo de base seleccionada, el Manual del Instituto del Asfalto proporciona ábacos de diseño correspondientes a dichas variables, los

cuales permiten seleccionar el ábaco adecuado para el diseño del pavimento. El procedimiento de diseño utiliza ábacos o nomogramas específicos que relacionan el número de aplicaciones de carga equivalentes esperadas (expresadas en EAL - Equivalent Axle Load), el módulo resiliente de la subrasante, la temperatura media anual del aire, el espesor de la capa de base granular y el espesor requerido de la capa asfáltica. Los ábacos de diseño se encuentran diferenciados según el tipo de estructura considerada, incluyendo pavimentos full-depth (espesor total asfáltico), pavimentos con base granular no tratada y pavimentos con base tratada con emulsión asfáltica.

2.2.5. MÉTODO MECANICISTA-EMPÍRICO MEPDG

El Método de Diseño Mecanicista-Empírico de Pavimentos (Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide - MEPDG), desarrollado por AASHTO y publicado en su primera versión en 2002, posteriormente actualizado en 2008 y actualmente en proceso de continua evolución, representa el avance más significativo en la ingeniería de pavimentos de las últimas décadas. Esta metodología supone una transición desde los métodos puramente empíricos, basados en ecuaciones de regresión obtenidas de pistas de prueba, hacia un enfoque que combina la teoría de la mecánica de materiales con modelos de desempeño calibrados empíricamente.

El fundamento del método MEPDG consiste en calcular las respuestas estructurales (esfuerzos, deformaciones unitarias y deflexiones) que se desarrollan en el pavimento bajo las cargas vehiculares, utilizando la teoría elástica multicapa o modelos más sofisticados de análisis estructural. Estas respuestas estructurales se relacionan posteriormente con modelos de deterioro calibrados empíricamente que predicen la evolución de diferentes tipos de fallas a lo largo del tiempo, incluyendo agrietamiento por fatiga, deformación permanente (ahuellamiento), agrietamiento térmico y deterioro funcional expresado mediante el Índice de Rugosidad Internacional (IRI).

Una característica distintiva del MEPDG es su capacidad para incorporar de manera explícita los efectos del clima en el desempeño del pavimento. El método utiliza una extensa base de datos climáticos que incluye temperatura y precipitación horaria para diferentes localidades, permitiendo simular las variaciones estacionales en las propiedades de los materiales, los efectos de congelamiento y deshielo en zonas susceptibles, y los gradientes térmicos en losas de concreto. Esta consideración detallada del clima resulta particularmente relevante en países con diversidad climática como el Perú, donde las condiciones ambientales varían significativamente entre regiones.

El proceso de diseño mediante MEPDG requiere la caracterización rigurosa de los materiales constitutivos del pavimento mediante parámetros fundamentales obtenidos de ensayos avanzados. Para mezclas asfálticas, el parámetro principal es el Módulo Dinámico, determinado mediante ensayo de compresión simple cíclica a diferentes temperaturas y frecuencias de carga. Para materiales granulares no ligados y suelos de subrasante, se requiere el Módulo Resiliente obtenido mediante ensayos triaxiales cíclicos que simulan las condiciones de esfuerzo reales. Para pavimentos de concreto hidráulico, se necesita el Módulo de Rotura y de Elasticidad y el Coeficiente de Expansión Térmica del concreto (AASHTO, 2008).

El método MEPDG admite tres niveles jerárquicos de información de entrada, permitiendo su aplicación tanto en proyectos de alta jerarquía con recursos disponibles para ensayos especializados (Nivel 1), como en proyectos de menor envergadura que utilizan correlaciones y valores típicos (Niveles 2 y 3). Esta flexibilidad facilita la implementación gradual del método en diferentes contextos institucionales y técnicos. Sin embargo, la aplicación del MEPDG requiere software especializado (originalmente denominado DARWin-ME), capacitación específica del personal técnico y adaptación de las calibraciones locales de los modelos de deterioro para cada región o país, aspectos que representan desafíos para su adopción generalizada (AASHTO, 2008).

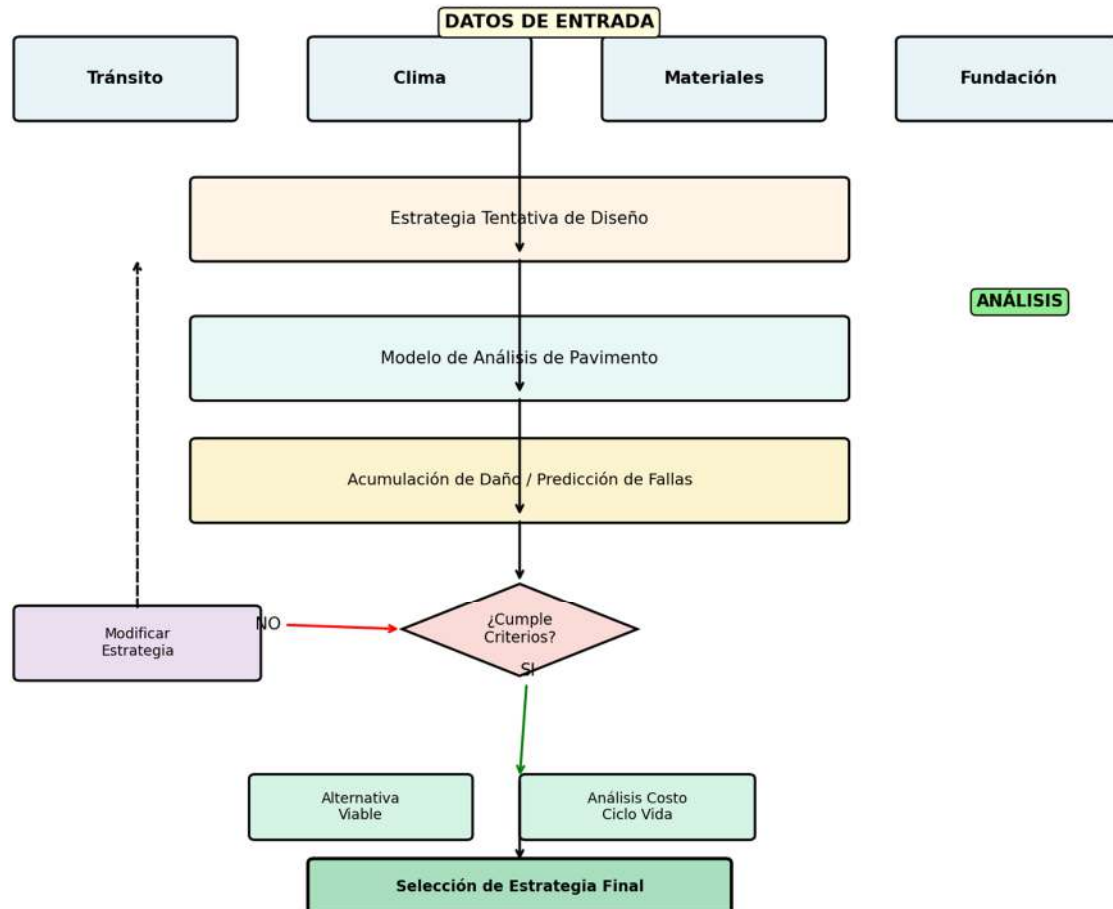
El método Mecanístico-Empírico para el Diseño de Pavimentos, conocido por su sigla MEPDG (Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide), representa el avance metodológico más significativo en la tecnología de diseño de pavimentos de las últimas cuatro décadas. Desarrollado en Estados Unidos bajo el programa de investigación NCHRP 1-37A y publicado por AASHTO en 2008, este método constituye una evolución fundamental respecto a los enfoques empíricos tradicionales como el AASHTO 93, incorporando principios de mecánica de materiales, teorías constitutivas, y modelación del comportamiento de pavimentos de manera racional.

La denominación "mecanístico-empírico" refleja la naturaleza híbrida del método: la componente mecanística utiliza modelos de respuesta estructural basados en teoría de elasticidad multicapa o elementos finitos para calcular tensiones, deformaciones y deflexiones en puntos críticos de la estructura del pavimento bajo las cargas aplicadas; la componente empírica emplea relaciones estadísticas calibradas con datos de desempeño real de pavimentos para predecir la evolución temporal de diferentes tipos de deterioro en función de las respuestas mecánicas calculadas y las condiciones ambientales.

Esta arquitectura metodológica confiere ventajas sustanciales: mayor racionalidad y capacidad de extrapolación a condiciones diferentes de las experimentales, consideración explícita de efectos climáticos mediante modelos físicos de transferencia de calor y humedad, predicción separada de múltiples tipos de deterioro, y generación de perfiles temporales de desempeño que facilitan análisis de ciclo de vida y programación de mantenimientos.

Figura 8

Metodología General del Proceso de Diseño MEPDG.



Nota: Elaboración Propia (2025)

Descripción General del Método

El método MEPDG se estructura como un proceso iterativo de diseño mediante el cual el ingeniero propone una estrategia estructural tentativa (configuración de capas, espesores, tipos de materiales), y el sistema analiza su desempeño esperado durante el periodo de diseño bajo las condiciones específicas de tránsito, clima y fundación del proyecto. Si los indicadores de desempeño predichos (magnitud de diferentes deterioros al final del periodo de diseño) satisfacen los criterios de aceptabilidad establecidos con el nivel de confiabilidad requerido, el diseño es aceptable; de lo contrario, se modifica la estructura y se repite el análisis hasta lograr un diseño satisfactorio.

Esta filosofía difiere fundamentalmente de los métodos tradicionales: en lugar de calcular directamente un espesor requerido, el MEPDG evalúa el desempeño de estructuras

propuestas, requiriendo iteraciones hasta optimizar el diseño. El proceso exige mayor participación activa del ingeniero en la selección y evaluación de alternativas, pero proporciona información incomparablemente más rica sobre el comportamiento esperado del pavimento.

La implementación del método requiere software especializado que integra múltiples componentes computacionales: módulos de entrada y gestión de datos de tránsito (con procesamiento de espectros de carga), clima (interfaz con el modelo climático EICM), y materiales; modelo de respuesta estructural que calcula esfuerzos y deformaciones; modelos de predicción de deterioro para ahuellamiento, fisuramiento longitudinal, fisuramiento por fatiga, fisuramiento térmico, e Índice de Rugosidad Internacional; y módulos de verificación de criterios de desempeño considerando confiabilidad.

Variables de Diseño Principales

El MEPDG requiere la especificación de cuatro categorías fundamentales de información de entrada:

Tránsito

La metodología MEPDG representa un cambio paradigmático en la caracterización del tránsito para diseño de pavimentos, abandonando el concepto de ESAL (eje equivalente único) empleado en métodos tradicionales, y adoptando el enfoque de espectros de carga. Este cambio es fundamental pues reconoce que diferentes configuraciones de eje y magnitudes de carga, aunque puedan tener ESAL equivalente, generan distribuciones de esfuerzos y mecanismos de daño distintos en la estructura.

Un espectro de carga es una distribución estadística de frecuencias que cuantifica, para cada tipo de eje (simple, tandem, tridem) de cada categoría vehicular, cuántas repeticiones ocurren en cada rango o intervalo de carga. Por ejemplo, para ejes simples de ruedas duales de camiones Clase 9 (tractocamiones de 5 ejes), el espectro indica cuántos ejes tienen carga de 7-8 kips, 8-9 kips, 9-10 kips, etc., a lo largo del periodo de análisis. Esta caracterización detallada

preserva la información completa de las cargas reales, permitiendo al modelo de respuesta calcular efectos estructurales específicos para cada nivel de carga.

Los parámetros de tránsito requeridos por MEPDG incluyen:

Volumen Base: Tránsito Promedio Diario Anual de Camiones (TPDA o AADTT), número de carriles por dirección, porcentaje de camiones en la dirección de diseño, porcentaje en el carril de diseño, y velocidad de operación.

Factores de Ajuste Temporal: Factor de Ajuste Mensual (variación estacional del tránsito), factores de distribución horaria de camiones (variación del tránsito dentro del día), y factores de crecimiento del tránsito por categoría vehicular.

Clasificación Vehicular: Distribución del tránsito de camiones según las 13 clases de vehículos de la Federal Highway Administration (FHWA), que van desde Clase 4 (camiones unitarios) hasta Clase 13 (tractocamiones multi-trailer).

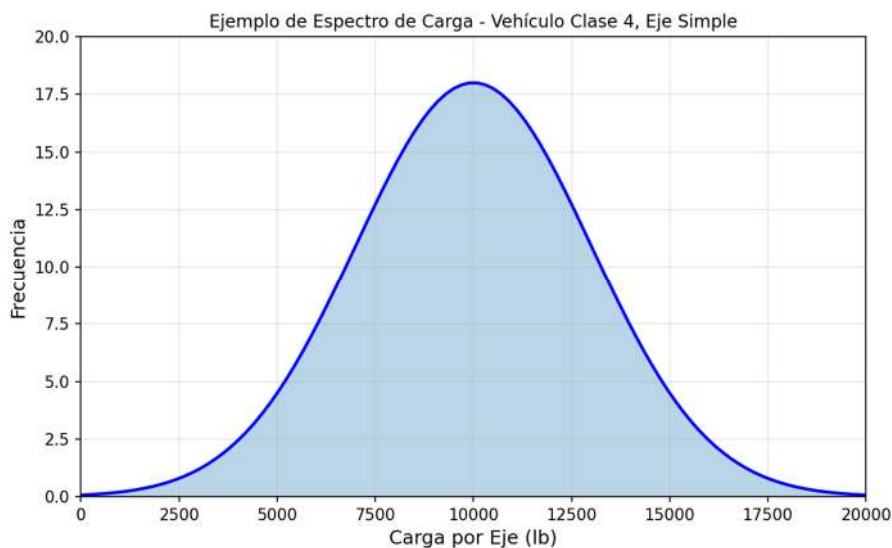
Espectros de Carga por Eje: Para cada clase vehicular, los espectros de carga (distribución de frecuencias por intervalos de carga) para cada tipo de eje presente (simple, tándem, tridem, diferenciando ruedas simples y duales).

Entradas Generales: Número promedio de ejes por tipo de vehículo, configuración de ejes, distancia entre ejes (wheelbase), y desviación lateral del tránsito respecto al centro del carril.

La obtención de estos parámetros idealmente requiere datos de estaciones de Pesaje en Movimiento (WIM - Weigh-In-Motion) que registran automáticamente pesos por eje de vehículos en circulación, y de sistemas de Clasificación Automática de Vehículos (AVC). En ausencia de estas tecnologías, se pueden emplear datos de estaciones WIM regionales representativas (entrada de Nivel 2), o valores por defecto incorporados en el software basados en distribuciones nacionales (Nivel 3), con reducción consecuente en la precisión de predicciones.

Figura 9

Ejemplo de Espectro de Carga para Eje Simple de Vehículo Clase 4.



Nota: Elaboración Propia (2025)

Clima

La consideración explícita y rigurosa de factores climáticos constituye una de las innovaciones más significativas del MEPDG respecto a metodologías precedentes. El método integra el Modelo Climático Integrado Mejorado (EICM - Enhanced Integrated Climatic Model), un modelo computacional sofisticado que simula los procesos de transferencia de calor y humedad dentro de la estructura del pavimento a lo largo del tiempo, calculando las variaciones estacionales y diarias de temperatura y contenido de agua en cada capa.

El modelo EICM requiere archivos de datos meteorológicos horarios que incluyen: precipitación, temperatura del aire, porcentaje de nubosidad, velocidad del viento, nivel freático o profundidad del agua subterránea, y adicionalmente datos de humedad relativa mensual, radiación solar diaria, y tiempos de salida y puesta del sol. Estos datos deben cubrir idealmente periodos extensos (20+ años) para capturar la variabilidad climática interanual; sin embargo, el método acepta periodos mínimos de 24 meses de datos meteorológicos completos.

Los outputs del modelo EICM son perfiles temporales de temperatura y humedad en cada capa de la estructura del pavimento, que se utilizan para: ajustar las propiedades

mecánicas de materiales (el módulo dinámico del asfalto es fuertemente dependiente de temperatura; el módulo resiliente de capas granulares y subrasante depende del contenido de humedad y del estado de confinamiento variable); predecir fisuramiento térmico en climas fríos mediante modelos de tensiones inducidas por contracción restringida; y considerar efectos de ciclos de congelamiento-deshielo donde aplicable.

La incorporación de información climática en MEPDG puede realizarse en tres niveles: Nivel 1 requiere datos meteorológicos horarios de estaciones ubicadas en el sitio del proyecto o muy próximas, ingresados mediante archivos ICM generados específicamente; Nivel 2 utiliza datos de estaciones meteorológicas regionales representativas; Nivel 3 emplea datos de estaciones virtuales generadas a partir de bases de datos climáticas nacionales interpoladas para las coordenadas del proyecto.

Materiales y Propiedades de Capas

El MEPDG requiere caracterización de propiedades mecánicas de materiales significativamente más detallada que métodos empíricos tradicionales, reflejando su naturaleza mecanística. Para cada material de cada capa, se requieren parámetros que permitan calcular apropiadamente su respuesta bajo cargas y su contribución a la resistencia estructural.

Para mezclas asfálticas (concreto asfáltico), la propiedad fundamental es el Módulo Dinámico $|E^*|$, que caracteriza la rigidez viscoelástica del material en función de la temperatura y la frecuencia (velocidad) de aplicación de carga. El módulo dinámico se determina mediante ensayos de compresión dinámica uniaxial sobre probetas de mezcla compactada, a múltiples temperaturas y frecuencias. Alternativamente, puede estimarse mediante modelos predictivos a partir de propiedades del ligante asfáltico, granulometría y contenido volumétrico de vacíos de la mezcla (entrada Nivel 2 o 3).

Para materiales granulares no ligados (bases y sub-bases) y para la subrasante, la propiedad crítica es el Módulo Resiliente (M_r), que caracteriza la respuesta tensión-

deformación elástica recuperable bajo cargas repetidas. Para materiales granulares, el M_r depende del estado de tensión (tensión confinante y tensión desviadora), requiriendo determinación mediante ensayos triaxiales de carga repetida con múltiples secuencias de tensión. Para suelos cohesivos de subrasante, el M_r depende primariamente de la tensión desviadora. Alternativamente, se emplean correlaciones con CBR, índice de plasticidad, y clasificación de suelos.

Adicionalmente, se requiere información sobre propiedades de resistencia permanente al corte, parámetros de compactación y densidad, contenido de vacíos, y características de drenaje de las capas.

Fundación y Subrasante

La subrasante se caracteriza mediante su módulo resiliente M_r , el cual varía estacionalmente en función del contenido de humedad calculado por el modelo EICM. El método permite considerar subrasantes estratificadas (múltiples capas de diferentes materiales), condiciones de roca subyacente, y el efecto de la profundidad del nivel freático sobre las propiedades de soporte.

Indicadores de Desempeño y Criterios de Falla

A diferencia de métodos tradicionales que emplean un indicador único de desempeño (como el PSI en AASHTO 93), el MEPDG predice separadamente múltiples tipos de deterioro específicos, cada uno con su umbral de aceptabilidad. Esto permite identificar el modo de falla crítico que gobierna el diseño, y optimizar la estructura para controlar específicamente ese modo.

Deformación Permanente - Ahuellamiento

El ahuellamiento se define como la depresión longitudinal permanente acumulada en la huella de las llantas, medida como profundidad vertical respecto al perfil transversal original. Es causado por acumulación de deformaciones plásticas (no recuperables) en cada capa del

pavimento bajo la acción repetida de cargas vehiculares, particularmente a temperaturas elevadas cuando el asfalto presenta menor rigidez.

El MEPDG calcula el ahuellamiento total como la suma de las deformaciones permanentes acumuladas en cada subcapa (carpeta asfáltica, base, sub-base, subrasante), empleando modelos de acumulación de deformación plástica calibrados. Los umbrales típicos de ahuellamiento tolerable al final del periodo de diseño son 6-10 mm para vías principales, 8-12 mm para vías secundarias.

Fisuramiento Longitudinal (de Arriba hacia Abajo)

El fisuramiento longitudinal consiste de grietas orientadas paralelamente al eje de la vía, típicamente localizadas en la zona de la huella de llantas o cerca de los bordes del carril. El fisuramiento longitudinal "de arriba hacia abajo" (top-down cracking) se inicia en la superficie del pavimento asfáltico, donde se desarrollan tensiones de tracción elevadas debido a la combinación de cargas vehiculares y efectos térmicos, propagándose hacia abajo.

Este tipo de fisuramiento es inducido principalmente por cargas vehiculares en configuraciones donde la carga está concentrada cerca del borde del pavimento, o por diferencias térmicas que generan esfuerzos de tracción superficial. El MEPDG cuantifica este deterioro como longitud total de fisuras longitudinales por unidad de área (metros/km o pies/milla). Umbrales típicos son 200-400 m/km.

Fisuramiento por Fatiga - Piel de Cocodrilo

El fisuramiento por fatiga, denominado comúnmente "piel de cocodrilo" por su apariencia característica de grietas interconectadas formando polígonos irregulares, constituye uno de los modos de falla estructural más significativos en pavimentos asfálticos. Este deterioro se desarrolla cuando la aplicación repetida de cargas vehiculares genera ciclos de tensión de tracción en la fibra inferior de la capa asfáltica (o en capas asfálticas sobre bases rígidas

estabilizadas), acumulando daño por fatiga hasta que se inician fisuras microscópicas que se propagan hacia la superficie.

El modelo de predicción emplea conceptos de mecánica de fractura y la ley de Miner de acumulación lineal de daño, calculando el índice de daño como la suma de las relaciones (n_i/N_i) para cada nivel de carga y condición estructural, donde n_i es el número de repeticiones aplicadas y N_i el número permisible hasta la falla para esa condición. El MEPDG expresa el fisuramiento por fatiga como porcentaje del área del carril afectada. Umbrales típicos de aceptabilidad son 10-15% del área para vías principales, 20-25% para secundarias.

Fisuramiento Térmico

En regiones de clima frío con temperaturas de pavimento significativamente por debajo de 0°C, se desarrolla fisuramiento térmico transversal debido a tensiones de tracción inducidas por contracción térmica del concreto asfáltico restringida por la fricción con capas subyacentes. Cuando las tensiones térmicas exceden la resistencia a la tracción del asfalto frío y frágil, se desarrollan fisuras que se propagan rápidamente a través del espesor de la capa.

El MEPDG incorpora un modelo de predicción de fisuramiento térmico que considera las propiedades térmicas de las mezclas (coeficiente de contracción térmica, módulo a baja temperatura, resistencia a la tracción), las temperaturas mínimas extremas derivadas de los datos climáticos, y la velocidad de enfriamiento. El resultado se expresa como longitud de fisuras transversales por unidad de longitud (m/km). Este deterioro es generalmente no relevante en climas tropicales o templados cálidos, pero crítico en zonas de alta montaña o latitudes elevadas.

Índice de Rugosidad Internacional (IRI)

El Índice de Rugosidad Internacional (International Roughness Index - IRI) es un indicador cuantitativo de la irregularidad longitudinal de la superficie del pavimento, que se correlaciona directamente con la percepción de comodidad de los usuarios y con los costos de

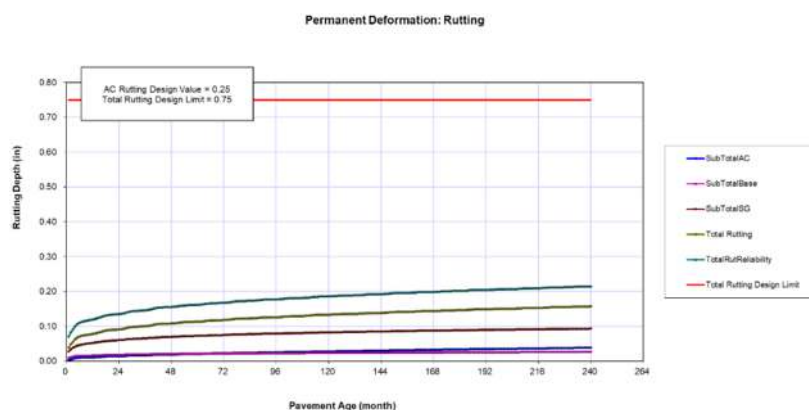
operación vehicular. Menores valores de IRI indican pavimentos más lisos y confortables; valores elevados corresponden a superficies muy irregulares.

El IRI se expresa en unidades de mm/m, m/km, o pulgadas/milla. La escala típica para pavimentos asfálticos varía desde <1.0 m/km (pavimentos nuevos de alta calidad) hasta 8-12 m/km (pavimentos severamente deteriorados al final de su vida útil). Un pavimento nuevo bien construido típicamente presenta IRI entre 1.0-2.5 m/km (63-160 pulg/milla); valores alrededor de 3.0-3.5 m/km (190-220 pulg/milla) representan el umbral donde los usuarios comienzan a percibir pérdida de confort; valores de 4.0-5.0 m/km (250-315 pulg/milla) indican condición pobre que requiere intervención.

En el contexto del MEPDG, el IRI cumple doble función: como entrada, representa el IRI inicial del pavimento recién construido, determinado por la calidad constructiva; como output, el IRI es predicho a lo largo del tiempo como función del IRI inicial más el incremento progresivo causado por la aparición y severización de los diferentes deterioros (ahuellamiento, fisuramiento, irregularidades). El modelo de predicción de IRI integra las predicciones individuales de cada deterioro en un indicador compuesto de condición funcional.

Figura 10

Evolución Típica del Índice de Rugosidad Internacional Durante el Ciclo de Vida del Pavimento.



Nota: Elaboración Propia (2025)

Tabla 31

Umbral de desempeño recomendados

Tipo de Deterioro	Vías Locales/Secundarias	Vías Arteriales/Principales	Autopistas/Interestatales
	s	s	s
IRI -	2.53 m/km (160	3.16 m/km (200	3.16 m/km (200 pulg/mi)
Rugosidad	pulg/mi)	pulg/mi)	
Fisuramiento	200 m/km (1060	400 m/km (2120	400 m/km (2120 pies/mi)
Longitudinal	pies/mi)	pies/mi)	
Fisuramiento por Fatiga (% área)	3% del área del carril	10% del área del carril	10% del área del carril
Fisuramiento Térmico	95 m/km (500	150 m/km (800	150 m/km (800 pies/mi)
Ahuellamiento	pies/mi)	pies/mi)	
o (profundidad)	6 mm (0.25 pulg)	8 mm (0.30 pulg)	10 mm (0.40 pulg)

Nota. Umbral de Desempeño Recomendados por MEPDG para Pavimentos Flexibles.

Adaptado de Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide, por AASHTO, 2008.

Confiabilidad en el Diseño MEPDG

Similar al método AASHTO 93, el MEPDG incorpora explícitamente la confiabilidad como parámetro de diseño, reconociendo que las predicciones de deterioro están sujetas a incertidumbres derivadas de la variabilidad de los datos de entrada, las simplificaciones de los modelos, y la variabilidad natural de los materiales y procesos constructivos. La confiabilidad

R representa la probabilidad de que cada uno de los deterioros predichos permanezca por debajo de su umbral crítico durante el periodo de diseño.

El método permite especificar niveles de confiabilidad diferenciados para cada tipo de deterioro, reflejando que algunos pueden tener consecuencias más severas que otros. Por ejemplo, puede especificarse confiabilidad mayor (90-95%) para ahuellamiento y fisuramiento estructural que son fallas de mayor gravedad, y confiabilidad menor (80-85%) para IRI que representa comodidad. Los niveles recomendados según clasificación funcional típicamente varían de 75-95%.

Niveles Jerárquicos de Entrada de Datos

Reconociendo que diferentes proyectos disponen de recursos variables para caracterización de datos de entrada, y que la importancia relativa de proyectos justifica inversiones diferenciadas en estudios, el MEPDG implementa una estructura jerárquica de tres niveles para la especificación de datos de entrada. Esta jerarquización se aplica independientemente a las tres categorías principales: tránsito, clima, y materiales.

Nivel 1 - Entradas Específicas del Proyecto: Este nivel proporciona la mayor confiabilidad en las predicciones, pero requiere inversión significativa en ensayos y recolección de datos. Para tránsito, implica disponer de datos WIM del sitio específico del proyecto generando espectros de carga directos; para clima, requiere estaciones meteorológicas en el sitio con registros horarios de todos los parámetros; para materiales, demanda ensayos completos de caracterización (módulo dinámico para asfaltos, módulo resiliente triaxial para bases y subrasante). Este nivel es apropiado para proyectos de alta importancia, autopistas de tránsito muy intenso, o proyectos de investigación.

Nivel 2 - Entradas Regionales o Correlacionadas: Este nivel intermedio es el más comúnmente utilizado para diseños ordinarios de carreteras. Los datos se obtienen de fuentes regionales, bases de datos de organismos oficiales, correlaciones empíricas establecidas, o

estimaciones basadas en experiencia local. Por ejemplo, las propiedades de mezclas asfálticas se estiman mediante correlaciones con propiedades del ligante y agregados, en lugar de ensayar directamente el módulo dinámico; los datos de tránsito se obtienen de estaciones de pesaje regionales representativas; y los datos climáticos provienen de estaciones meteorológicas de la región. Este nivel ofrece un balance apropiado entre precisión y recursos requeridos.

Nivel 3 - Valores por Defecto: Este nivel básico utiliza valores por defecto incorporados en el software MEPDG, basados en promedios nacionales, valores típicos de la literatura, o estimaciones conservadoras. Se emplea para diseños de vías de bajo volumen de tránsito, estudios preliminares, o situaciones donde no se dispone de información detallada. Los parámetros de entrada están basados en valores globales o regionales amplios, seleccionados por el usuario de catálogos proporcionados por el software. Este nivel entrega el menor grado de precisión y debe utilizarse con criterio conservador.

Interfaz con el Software MEPDG

La implementación práctica del método MEPDG requiere el uso de software especializado desarrollado por AASHTO, originalmente denominado "AASHTOWare Pavement ME Design" o simplemente "MEPDG Software". Este programa integra todos los modelos de respuesta estructural, el modelo climático EICM, los modelos de predicción de deterioro, y las funciones de calibración, proporcionando una interfaz para el ingreso de datos y la visualización de resultados.

El proceso de análisis mediante el software sigue una secuencia estructurada de pasos que el ingeniero debe completar para evaluar el desempeño de una estructura propuesta de pavimento.

Ventajas Principales del MEPDG:

Fundamento Mecanístico Racional: Al incorporar principios de mecánica de materiales y teorías constitutivas, el método tiene mayor capacidad de aplicación a condiciones variadas,

permitiendo analizar estructuras novedosas, nuevos materiales, y configuraciones de carga diferentes.

Consideración Explícita del Clima: La integración del modelo EICM permite considerar los efectos de temperatura y humedad sobre las propiedades de materiales y el comportamiento estructural, mejorando significativamente la aplicabilidad a diferentes regiones climáticas.

Predicción de Deterioros Específicos: El método predice separadamente diferentes tipos de falla (ahuellamiento, varios tipos de fisuramiento, IRI), permitiendo identificar el modo de falla crítico y optimizar el diseño para controlarlo específicamente.

Predicción de Desempeño en el Tiempo: El método genera curvas de evolución temporal de cada deterioro, facilitando la programación de actividades de mantenimiento preventivo y la estimación de costos de ciclo de vida.

Limitaciones Principales del MEPDG:

Complejidad Significativa: El método requiere comprensión de conceptos avanzados de mecánica de pavimentos, comportamiento de materiales, y modelación numérica. La curva de aprendizaje es pronunciada.

Requerimientos Extensivos de Datos: Para aplicaciones de Nivel 1, se requieren aproximadamente 100-150 parámetros de entrada, muchos de los cuales demandan ensayos de laboratorio sofisticados y sistemas de medición avanzados.

Necesidad de Calibración Local: Los modelos de predicción de deterioro fueron calibrados primariamente para condiciones de América del Norte. Su aplicación en otras regiones requiere idealmente calibración o validación con datos locales.

2.2.6. MARCO NORMATIVO

El diseño, construcción, mantenimiento y gestión de pavimentos en el Perú se rige por un conjunto de normativas, manuales técnicos y especificaciones que establecen los requisitos

mínimos y procedimientos estándar a seguir. Este marco normativo nacional se complementa con normas técnicas internacionales ampliamente reconocidas que proporcionan metodologías de diseño, procedimientos de ensayo y criterios de evaluación validados.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) del Perú, en su calidad de ente rector del sector transportes a nivel nacional, ha desarrollado y publicado diversos manuales técnicos que constituyen documentos de cumplimiento obligatorio para proyectos viales en la red nacional. El Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, en su versión actualizada de 2014, representa el documento técnico normativo fundamental para el diseño estructural de pavimentos, estableciendo metodologías de diseño, procedimientos de exploración geotécnica, requisitos de materiales, criterios de estabilización de suelos y procedimientos de evaluación de pavimentos existentes (MTC, 2014).

Las principales normas y manuales técnicos que conforman el marco normativo aplicable al diseño de pavimentos incluyen:

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2014). Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima: MTC.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Lima: MTC.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). (2003). Reglamento Nacional de Vehículos. Lima: MTC.
- Asociación Americana de funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte (AASHTO). (1993). Guía AASHTO para Diseño de Estructuras de Pavimento. Washington D.C.: AASHTO.
- Asociación Americana de funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte (AASHTO). (2008). Guía Mecanicista-Empírica para el Diseño de Pavimentos (MEPDG). Washington D.C.: AASHTO.

- Instituto del Asfalto. (1991). Diseño de Espesores de Pavimentos Asfálticos para Calles y Carreteras - Manual Series N° 1 (MS-1). Estados Unidos: The Asphalt Institute.
- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2010). Norma Técnica CE.010 Pavimentos Urbanos. Lima: ICG.

El Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016) establece los procedimientos normalizados para la ejecución de ensayos de laboratorio aplicables a suelos, agregados pétreos, mezclas asfálticas, concreto hidráulico y otros materiales utilizados en la construcción de carreteras. Este manual adopta y adapta normas de ensayo desarrolladas por la American Society for Testing and Materials (ASTM) y por AASHTO, asegurando que los procedimientos utilizados en el país sean consistentes con estándares internacionales reconocidos.

El Reglamento Nacional de Vehículos (MTC, 2003) establece las configuraciones vehiculares permitidas, los pesos máximos por eje y las dimensiones máximas de vehículos de carga, información fundamental para la caracterización del tráfico de diseño. Este reglamento define el universo de vehículos que deben considerarse en los estudios de tráfico y proporciona los límites legales de carga que determinan los espectros de carga utilizados en el cálculo de ejes equivalentes.

Las normativas técnicas internacionales de AASHTO e Instituto del Asfalto, aunque no constituyen documentos de cumplimiento obligatorio en el ámbito nacional, son ampliamente utilizadas como referencias técnicas por consultores e ingenieros proyectistas, particularmente cuando las normativas nacionales remiten específicamente a estas metodologías o cuando se requiere aplicar procedimientos avanzados no contemplados en los manuales nacionales. La aplicación de metodologías alternativas o innovadoras requiere sustentación técnica adecuada y aprobación de la entidad contratante del proyecto.

III. METODOLOGÍA

3. METODOLOGÍA

3.1. ENFOQUE DE INVESTIGACIÓN

La presente investigación se clasifica como cuantitativa, debido a que se fundamenta en la recolección, análisis y comparación de datos numéricos obtenidos a partir de los métodos de diseño AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanicista–Empírico MEPDG.

Esto permitirá evaluar, cómo varían los resultados entre los métodos y en qué medida influyen en la determinación del diseño estructural óptimo para el sector de Villa Hermosa – Casma.

3.2. MÉTODO

El tipo de investigación es APLICADA, dado que los resultados serán utilizados de manera directa para atender una problemática real: la necesidad de definir un diseño estructural eficiente de pavimento flexible para el sector de Villa Hermosa – Casma. En este sentido, la confrontación de los métodos AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanicista-Empírico MEPDG, permite analizar comparativamente sus resultados para determinar cuál de ellos proporciona la solución más adecuada frente a las condiciones y características del área de estudio.

Además, este tipo de investigación se sustenta en la aplicación práctica de conocimientos derivados de teorías y modelos previamente establecidos.

3.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación se configura como cuasi–experimental de tipo comparativo, aplicado sobre un único escenario de estudio, ya que no se cuenta con asignación aleatoria de unidades a grupos ni con un grupo de control propiamente dicho, condiciones que suelen ser exigidas en un experimento puro. En este caso, la unidad de análisis está constituida por un tramo vial específico de 1 km ubicado en las

avenidas Francisco Bolognesi y Julio C. Tello del C.P. Villa Hermosa – Casma, sobre el cual se tuvo que aplicar de forma independiente y sucesiva tres procedimientos de diseño estructural de pavimento flexible: el método AASHTO 93, el método del Instituto del Asfalto y el método Mecanístico–Empírico MEPDG, que, en el contexto metodológico de la investigación, se asumen como “tratamientos” o condiciones experimentales distintas.

La variable independiente está representada por los métodos de diseño de pavimento flexible seleccionados, puesto que cada uno de ellos introduce una lógica particular de cálculo y dimensionamiento; mientras que la variable dependiente corresponde al diseño estructural resultante del pavimento flexible en términos de tipo de capas, espesores obtenidos, capacidad estructural y desempeño esperado durante el periodo de diseño. Además de considerar estos elementos centrales del diseño, el estudio contempla que todos los métodos se apliquen utilizando exactamente la misma base de información obtenida en campo y en laboratorio (tránsito expresado en ESAL o EAL, características de la subrasante, propiedades del material granular y condiciones climáticas locales), dado que de esta forma se mantienen constantes las condiciones iniciales del sistema y se puede atribuir las diferencias en los resultados de diseño, fundamentalmente, a la lógica de cálculo, a los criterios de dimensionamiento y a los modelos de deterioro propios de cada metodología.

Bajo este enfoque, el carácter cuasi–experimental radica en que se simula el efecto de tres tratamientos metodológicos distintos sobre un mismo tramo vial sin intervenir físicamente el pavimento construido, sino que se recurre a procesos de modelación y cálculo estructural, lo que hace posible comparar de manera sistemática y objetiva las estructuras propuestas por cada método. Asimismo, se tuvo que organizar la comparación de los resultados de forma que se identifique no solo la configuración

de capas y espesores, sino que, además de ello, se analice la capacidad estructural global y la respuesta esperada del pavimento frente a las condiciones de carga y clima. De este modo, el estudio permite identificar cómo la elección del método de diseño influye en los espesores de las capas, en la capacidad portante y en el desempeño esperado del pavimento, posibilitando una confrontación técnico–estructural y, posteriormente, una evaluación de la eficiencia relativa de cada alternativa para las condiciones específicas de tránsito, clima y suelo del sector de Villa Hermosa – Casma, ya que el objetivo central es seleccionar el diseño estructural más adecuado. En consecuencia, el trabajo no cumple estrictamente con los requisitos de un experimento puro, pero sí, puesto que mantiene la lógica comparativa entre tratamientos sobre una misma unidad de análisis, se inscribe en un diseño cuasi–experimental comparativo orientado a la selección del diseño estructural más conveniente.

3.4. UNIDAD DE ANÁLISIS

Vías sin pavimentar del C.P. Villa Hermosa – Casma.

3.5. UBICACIÓN

Centro Poblado: C.P. Villa Hermosa

Distrito: Casma

Provincia: Casma

Departamento: Ancash

3.6. POBLACIÓN

La población es de tipo finita, debido a que en esta investigación se consideró únicamente el suelo de la subrasante ubicado a lo largo de un tramo de 1 km correspondiente a las avenidas Francisco Bolognesi y Julio C. Tello, en el Centro Poblado Villa Hermosa, distrito y provincia de Casma, departamento de Áncash.

3.7. MUESTRA

La muestra utilizada en este estudio es de tipo no probabilística, ya que fue seleccionada por conveniencia y criterio técnico de los investigadores. Para caracterizar las propiedades mecánicas del terreno natural (subrasante), se intervino un tramo de 1 km correspondiente a las avenidas Francisco Bolognesi y Julio C. Tello. En este sector se ejecutaron trabajos de exploración mediante calicatas, realizándose un total de cuatro excavaciones conforme a lo establecido por el Manual del MTC, cada una con una profundidad de 1.50 m. Las muestras extraídas fueron posteriormente trasladadas al laboratorio para su respectivo análisis.

3.8. VARIABLES

3.8.1. VARIABLES INDEPENDIENTES

Métodos de diseño de pavimento flexible: AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico MEPDG.

3.8.2. VARIABLES DEPENDIENTES

Diseño de Pavimento Flexible en Villa Hermosa – Casma.

3.8.3. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 32

Matriz de consistencia

TITULO	PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE
	Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	V. Independiente
	¿Cómo la confrontación de los métodos AASHTO 93, Instituto del Asfalto y MEPDG influye en la determinación del diseño estructural óptimo de pavimento flexible para el sector de Villa Hermosa – Casma?	Evaluar los diseños de pavimento flexible obtenidos mediante los métodos AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanístico - Empírico MEPDG en Villa Hermosa – Casma.	La confrontación de los resultados obtenidos mediante los métodos AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico MEPDG permitirá identificar cuál de ellos ofrece la estructura de pavimento flexible más adecuada para las condiciones de tránsito, clima y suelo del sector Villa Hermosa – Casma.	Métodos de diseño de pavimento flexible: AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico MEPDG.
“CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA”	Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Especificas	V. Dependiente
	¿Cuál es la estructura del pavimento flexible que se obtiene al aplicar el método AASHTO 93 en el C.P. Villa Hermosa? ¿Cuál es la estructura del pavimento flexible que se obtiene al aplicar el método Instituto del Asfalto en el C.P. Villa Hermosa? ¿Cuál es la estructura del pavimento flexible que se obtiene al aplicar el método Mecanístico-Empírico MEPDG en el C.P. Villa Hermosa? ¿Cuál método es el más adecuado para el diseño de pavimento flexible en Villa Hermosa – Casma según la evaluación técnica realizada?	- Definir la estructura de pavimento flexible mediante el método AASHTO 93 en el C.P. Villa Hermosa – Casma - Definir la estructura de pavimento flexible mediante el método del Instituto del Asfalto en el C.P. Villa Hermosa – Casma. - Definir la estructura de pavimento flexible mediante el método Mecanístico-Empírico MEPDG en el C.P. Villa Hermosa – Casma. - Evaluar técnicamente los resultados obtenidos con los métodos de diseño AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanístico-Empírico MEPDG, con el fin de identificar el método adecuado para el diseño estructural de espesores del pavimento flexible en Villa Hermosa – Casma.	- Si se aplica el método AASHTO 93 se definirá la estructura de pavimento flexible en el C.P. Villa Hermosa – Casma. - Si se aplica el método del Instituto del Asfalto se definirá la estructura de pavimento flexible en el C.P. Villa Hermosa – Casma. - Si se aplica el método Mecanístico Empírico MEPDG se definirá la estructura de pavimento flexible en el C.P. Villa Hermosa - Casma - Al evaluar técnicamente los métodos de diseño AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanístico Empírico MEPDG se identificará el método adecuado para determinar los espesores estructurales del pavimento flexible en Villa Hermosa - Casma	Diseño de Pavimento Flexible en Villa Hermosa – Casma.

Nota: Elaboración Propia (2025)

3.8.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 33

Matriz de operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	HERRAMIENTAS	MÉTODOS
VARIABLE INDEPENDIENTE: MÉTODOS DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO-EMPÍRICO MEPDG	Método empírico desarrollado por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), basado en los resultados del AASHO Road Test. Utiliza ecuaciones y ábacos para determinar el número estructural requerido y los espesores de las capas, considerando factores como el tráfico, las propiedades del suelo y las condiciones ambientales (Abaza, 2021; Al Maghawri et al., 2023).	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 determinar los espesores finales de las diferentes capas que conforman la estructura de pavimento.	Parámetros de diseño del Método AASHTO 93	Periodo de Diseño ESAL (Ejes Equivalentes W18) Confiabilidad y Desviación Estándar Índice de Serviciabilidad Módulo de Resiliencia de la Subrasante Coeficientes estructurales de capa Coeficientes de Drenaje Numero Estructural (SN)	Guías, manuales, ábacos, monogramas Manuales y Libros	Ensayo de laboratorio de suelos
	Método que ha evolucionado desde enfoques empíricos hacia modelos mecanístico-empíricos, utilizando la teoría elástica multicapa y criterios de falla empíricos para determinar los espesores de las capas. Incorpora factores como las propiedades de los materiales, el tráfico y las condiciones climáticas (De Castro & De Oliveira, 2024; Chaves & Oliveira, 2025).	Considera al pavimento como un sistema elástico multicapa que emplea conceptos teóricos, resultados experimentales y ensayos de laboratorio para optimizar los espesores de la estructura del pavimento. A partir de los parámetros de diseño, se utilizan cartas de diseño que permiten determinar el espesor óptimo de la mezcla asfáltica requerida.	Parámetros de diseño del Método del Instituto del Asfalto	Periodo de Diseño EAL de diseño Módulo de Resiliencia (Mr) de la subrasante Selección de material de las capas Tipos de Bases	Reglamento, Formatos Manual de Ensayos Estudios de tráfico y clima Software M-EPDG Versión 1.100 para aplicar metodología MEPDG	Manual MS 1 del Instituto del Asfalto, Guía AASHTO 1993, Guía de Diseño Mecanístico-Empírico de Pavimentos (MEPDG)
	Método mecanístico-empírico desarrollado bajo la supervisión de la AASHTO, que combina principios de la mecánica de materiales con datos empíricos para predecir el desempeño del pavimento a lo largo de su vida útil. Considera factores como las propiedades de los materiales, las cargas vehiculares, el clima y el estado de la subrasante, utilizando modelos computacionales avanzados (Bostancioğlu, 2021; El-Ashwah et al., 2021; Kamalizadeh et al., 2024; Kuttah, 2024; Rahmawati & Adiyasa, 2021).	El MEPDG se operacionaliza como un proceso de diseño que simula la interacción entre el tráfico, las condiciones climáticas y los materiales a través de un software especializado. Este proceso permite simular las capas propuestas de la estructura del pavimento, considerando diferentes escenarios de carga y condiciones ambientales, con el fin de verificar si la solución planteada cumple con los criterios de diseño establecidos.	Parámetros de diseño del Método Mecanístico Empírico MEPDG	Resistencia a la deformación Resistencia a la fatiga Vida útil Resistencia al desgaste	Software S10	Simulaciones por software
VARIABLE DEPENDIENTE: DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA – CASMA.	Diseño del pavimento descrito a nivel técnico en determinar el mejor tipo, número capas y espesor de la estructura y, a nivel económico al menor costo posible, cumplimiento con los criterios de aceptación, logrando así satisfacer el desempeño esperado durante el periodo diseño del pavimento	El diseño optimo del pavimento flexible se va a determinar realizando un análisis técnico – estructural y económico.	Análisis comparativo técnico estructural.	Técnico-Estructural	Manual de Diseño	Confrontación de métodos ASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanístico Empírico MEPDG

Nota: Elaboración Propia (2025)

3.9. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La recolección de datos se desarrolló con el propósito de identificar y cuantificar los parámetros de diseño involucrados en los tres métodos evaluados: AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanístico–Empírico MEPDG. Esta fase resultó esencial, ya que proporcionó la información base necesaria para aplicar, contrastar y analizar los distintos procedimientos de diseño estructural del pavimento flexible.

En primer lugar, se llevó a cabo el estudio de tráfico, mediante el cual se obtuvieron los datos requeridos para el cálculo de los ejes equivalentes (ESAL) y la distribución porcentual de vehículos correspondientes a las clases 4 a 13, según su configuración de ejes. Esta última información adquiere especial importancia para el método Mecanístico–Empírico MEPDG, debido a que incorpora factores de carga diferenciados para cada tipo de vehículo.

Posteriormente, se desarrolló el estudio de suelos de la subrasante, con el propósito de determinar las propiedades físicas y mecánicas del terreno natural. Para ello, se realizó la extracción de muestras mediante calicatas, las cuales fueron enviadas al Laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Nacional del Santa, donde se ejecutaron los ensayos correspondientes conforme a los procedimientos normados.

Asimismo, se llevó a cabo un estudio adicional del material granular procedente de cantera, con la finalidad de analizar su calidad y comprobar si sus características cumplen con los parámetros establecidos por las normas técnicas para su incorporación en las capas estructurales del pavimento, tales como la base y la subbase.

Finalmente, se realizó el análisis climático, considerando que tanto el método del Instituto del Asfalto como el MEPDG integran en sus procedimientos de diseño los efectos de las condiciones ambientales. En el caso específico del método Mecanístico–

Empírico MEPDG, se requiere el uso de una base climática local detallado para la modelación del comportamiento del pavimento a lo largo de su vida útil.

Estudio de Trafico

- Técnica: Observación y conteo vehicular.
- Instrumento: Formato de clasificación vehicular del MTC, Factores de corrección estacional emitido por el MTC y tasa de crecimiento anual emitida.

Estudio de Mecánica de Suelos para Sub Rasante

- Técnica: Ensayos de laboratorio
- Instrumento:
 - Análisis Granulométrico por Tamizado (MTC E-107 / ASTM – D6913)
 - Límite Líquido (MTC E 110 / ASTM – D4318)
 - Límite Plástico (MTC E 111 / ASTM – D4318)
 - Contenido de Humedad (MTC E-108)
 - Ensayo Proctor Modificado (MTC E-115) – MÉTODO A
 - Relación de Soporte de California (CBR) (MTC E-132 / ASTM-D1883)

Estudio de Mecánica de Suelos de Material Granular

- Técnica: Ensayos de laboratorio
- Instrumento:
 - Análisis Granulométrico por Tamizado (MTC E-107 / ASTM – D6913)
 - Limite Líquido (MTC E 110 / ASTM – D4318)
 - Limite Plástico (MTC E 111 / ASTM – D4318)
 - Contenido de Humedad (MTC E-108)
 - Ensayo Proctor Modificado (MTC E-115) – MÉTODO C
 - Relación de Soporte de California (CBR) (MTC E-132 / ASTM-D1883)
 - Ensayo de Abrasión de los Ángeles (MTC E-207)

- Ensayo de Partículas Fracturadas en el Agregado Grueso (MTC E-210)
- Ensayo Equivalente de Arena (MTC E-114)
- Sales Solubles en Agregados Para Pavimentos Flexibles (MTC E-219).

Estudio Climático

- Técnica: Revisión documental
- Instrumento:
 - Registros del SENAMHI
 - Archivo de formato (.icm) para método MEPDG

3.10. PROCEDIMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS

3.10.1. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO POR EL MÉTODO AASHTO 93

El método AASHTO 93 para el diseño de pavimentos flexibles se fundamenta en la estimación del número estructural (SN), un parámetro que representa la capacidad total del pavimento para soportar las cargas del tránsito durante el periodo de diseño. Este valor se determina mediante una ecuación de carácter empírico elaborada por la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), la cual integra variables relacionadas con las solicitaciones de carga, las propiedades del suelo de fundación y los niveles de desempeño previstos para la vía.

Para su aplicación, uno de los principales parámetros de entrada es el tránsito expresado en ejes equivalentes acumulados (ESAL), obtenido a partir del estudio de tráfico realizado en la zona. Este valor representa el número total de repeticiones de carga equivalentes a un eje simple de 18 000 lb que el pavimento deberá soportar durante su vida útil.

Del estudio de suelos de la subrasante, se determina el CBR al 95 % de la densidad máxima Proctor, el cual se relaciona con el módulo resiliente (Mr),

parámetro que describe la rigidez del suelo frente a cargas repetitivas y constituye un dato esencial dentro de la ecuación de diseño.

La ecuación del método AASHTO 93 requiere además la definición de otros parámetros de diseño como el nivel de confiabilidad (R), la desviación estándar combinada (S_o), el índice de serviciabilidad inicial (P_i) y el índice de serviciabilidad final (P_t), los cuales permiten cuantificar la variabilidad esperada en el comportamiento del pavimento y el grado de confort deseado durante su vida de servicio. Asimismo, se consideran los coeficientes estructurales (a) de cada capa del pavimento (carpeta asfáltica, base y subbase) y los coeficientes de drenaje (m), los cuales ajustan la capacidad estructural de acuerdo con las condiciones de humedad y calidad del drenaje.

Una vez establecidos todos los parámetros, se emplea la fórmula del método AASHTO 93 para obtener el Número Estructural requerido (SN). Luego, se plantean espesores preliminares para cada capa del pavimento y se verifica que la expresión $\Sigma(a \cdot h \cdot m)$ sea igual o superior al Número Estructural (SN) calculado. Cuando el Número Estructural propuesto supera al requerido, la estructura resulta adecuada desde el punto de vista del diseño. Cabe señalar que la guía establece espesores mínimos para cada capa, los cuales deben cumplirse incluso cuando el SN teórico resulte menor, a fin de garantizar el desempeño y la durabilidad de la estructura.

Finalmente, todo el procedimiento de diseño mediante el método AASHTO 93 se desarrolla conforme a los lineamientos del Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), documento que adapta la Guía para el Diseño de Estructuras de Pavimento Flexible, AASHTO 1993 a las condiciones y criterios

técnicos aplicables en el contexto nacional.

3.10.2. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO POR EL MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

El método de diseño del Instituto del Asfalto (Asphalt Institute) se sustenta en la relación existente entre las condiciones de tránsito, las características del suelo de fundación, la temperatura media del área de estudio y el tipo de base seleccionada, con el propósito de determinar el espesor óptimo de la carpeta asfáltica que asegure un desempeño adecuado del pavimento durante su vida útil.

En una primera etapa, se obtiene el EAL de diseño, derivado del estudio de tráfico del sector. Dicho valor representa el número de repeticiones de carga equivalentes a un eje simple de 80 kN, ajustado de acuerdo con las condiciones de tránsito consideradas por el método del Instituto del Asfalto.

Luego, a partir del estudio climático, se identifica la temperatura media anual del lugar, variable que influye de manera directa en las propiedades del material asfáltico, dado que la rigidez y el comportamiento estructural de la carpeta varían de acuerdo con la temperatura en las diferentes estaciones del año.

Del estudio de suelos de la subrasante, se obtienen los valores de CBR de las cuatro calicatas ejecutadas en el tramo analizado. Estos valores se transforman en módulos resilientes (M_r) equivalentes, los cuales describen la capacidad del suelo para recuperarse frente a cargas repetidas. A diferencia de otros enfoques, el método del Instituto del Asfalto recomienda emplear un percentil de diseño, a fin de seleccionar un valor representativo que contemple la variabilidad natural del terreno y garantice un comportamiento estructural confiable.

Posteriormente, se determina el tipo de base a utilizar. Para el presente estudio, considerando las características locales y la disponibilidad de materiales,

se selecciona una base no tratada, la cual cumple con los criterios estructurales y constructivos señalados por el método.

Una vez definidos los parámetros —EAL de diseño, módulo resiliente de subrasante, temperatura media anual y tipo de base— se procede a la selección del ábaco o carta de diseño correspondiente. Estos gráficos, desarrollados por el Instituto del Asfalto mediante estudios experimentales y análisis estructurales, permiten establecer el espesor requerido de la capa asfáltica. Para este caso, los valores obtenidos se ubican entre las cartas A-35 y A-36, que representan distintas combinaciones de espesores de base.

Finalmente, del ábaco seleccionado se obtiene el espesor de la carpeta asfáltica de diseño, completando la propuesta estructural del pavimento flexible de acuerdo con los lineamientos del Instituto del Asfalto.

Todo el proceso se sustenta en la Guía de Diseño del Instituto del Asfalto MS-1 (1981), la cual establece los fundamentos teóricos, los criterios de selección de materiales y las metodologías empíricas que respaldan este procedimiento de diseño.

3.10.3. PROCEDIMIENTO DE DISEÑO POR EL MÉTODO MECANÍSTICO EMPÍRICO MEPDG

El diseño del pavimento flexible se desarrolló mediante el software M-EPDG versión 1.1, el cual implementa los lineamientos establecidos en la Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide (Guía de Diseño Mecanístico-Empírica para Pavimentos).

En primer lugar, se ingresaron los datos generales del proyecto, incluyendo la identificación del tramo evaluado, el tipo de estructura a diseñar (pavimento flexible) y los meses previstos para la construcción de la base y la carpeta asfáltica.

Esta información permite al programa ajustar las condiciones ambientales y los periodos de curado asociados a cada capa estructural.

Posteriormente, se configuraron los parámetros vinculados al desempeño del pavimento, ingresando valores como el IRI inicial y final, los límites admisibles de fisuración longitudinal, fisuración por piel de cocodrilo, así como los valores de fractura y deformación límite establecidos como criterios de servicio para la evaluación del comportamiento estructural y funcional del pavimento a lo largo de su vida útil.

Luego, se incorporaron los datos de tráfico obtenidos del estudio correspondiente en el área de intervención. Se registraron el factor de corrección estacional, la distribución porcentual por clases vehiculares según la clasificación AASHTO (clases 4 a 13), la distribución horaria del tránsito y la tasa de crecimiento vehicular recomendada por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC). En cuanto a la distribución de cargas por eje, se mantuvieron los valores predeterminados del software, correspondientes a las configuraciones estándar contempladas en la guía MEPDG. Asimismo, se definieron las configuraciones de ejes y presiones de neumáticos requeridas para la simulación de cargas.

En el componente climático, se cargó un archivo con extensión (*.icm*) que contiene los registros meteorológicos procesados de la estación del SENAMHI más cercana a la zona de estudio. Dicho archivo incluye información diaria de temperatura, precipitación, humedad relativa y velocidad del viento, permitiendo al software modelar adecuadamente las condiciones ambientales durante el periodo de análisis.

En seguida, se ingresaron los espesores preliminares de cada capa estructural junto con sus propiedades físicas y mecánicas. Entre los parámetros incorporados se consideraron los resultados de los ensayos de laboratorio: granulometría, el porcentaje que pasa por las mallas, módulo resiliente (M_r) y demás características representativas de los materiales correspondientes a la carpeta asfáltica, base y subbase.

Una vez completada toda la base de datos, se ejecutó el análisis en el programa M-EPDG v1.1, el cual calcula las respuestas estructurales del pavimento empleando un enfoque mecánico–empírico. El software genera resultados numéricos y gráficos relacionados con las principales variables de desempeño: ahuellamiento, fisuración por fatiga, fisuración térmica y evolución del IRI.

Finalmente, los resultados fueron verificados y comparados con los límites admisibles establecidos por la metodología. Si la estructura propuesta satisface los criterios de servicio y los niveles de confiabilidad exigidos, se considera como diseño estructural válido para el pavimento flexible.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.1. CÁLCULO DE PARÁMETROS DE DISEÑO GENERALES

4.1.1.1. ESTUDIO DE TRÁFICO

Del Anexo 1 se obtuvo la información correspondiente al conteo vehicular realizado durante los siete días de la semana, las 24 horas del día, en el punto de control (E-01) ubicado a lo largo del tramo de 1 km, conformado por la Av. Francisco Bolognesi y la Av. Julio C. Tello.

A partir de los datos registrados se procedió a calcular el Índice Medio Diario Anual (IMDA) correspondiente al año proyectado.

Tabla 34

Índice Medio Diario Anual para cálculo de ejes equivalentes

TIPO DE VEHÍCULO			IMDA (Año Proyectado)	OBSERVACIÓN	
VEHÍCULOS LIGEROS	CAMIONETAS	AUTO	435.99	Anexo 1	
		STATION WAGON	126.45	Anexo 1	
		PICK UP	133.53	Anexo 1	
		PANEL	35.41	Anexo 1	
		RURAL Combi	36.42	Anexo 1	
	BUS	MICRO	4.05	Anexo 1	
		2 E	1.01	Anexo 1	
		>=3 E	0.00	Anexo 1	
		CAMION	2 E	92.68	Anexo 1
			3 E	23.17	Anexo 1
4 E	5.04		Anexo 1		
VEHÍCULOS PESADOS	SEMI TRAYLER	2S1/2S2	0.00	Anexo 1	
		2S3	3.02	Anexo 1	
		3S1/3S2	0.00	Anexo 1	
		>= 3S3	2.01	Anexo 1	
		2T2	0.00	Anexo 1	
	TRAYLER	2T3	0.00	Anexo 1	
		3T2	0.00	Anexo 1	
		>=3T3	0.00	Anexo 1	

Nota: Elaboración Propia (2025)

Luego de obtener el valor del Índice Medio Diario Anual (IMDA), este se utilizó como dato de entrada en los métodos AASHTO 93 y del Instituto del Asfalto, donde dicho valor se multiplica por los factores y procesos establecidos en el Anexo 1. En cada método, estos factores permiten determinar el Número Equivalente de Ejes Simples (EAL o ESAL), calculado de acuerdo con las formulaciones propias de cada enfoque. De esta manera, se obtienen los valores de ejes equivalentes, los cuales constituyen parámetros fundamentales para el diseño estructural del pavimento flexible en ambos métodos.

Tabla 35

Valores de Ejes Equivalentes para los métodos AASHTO 93 e Instituto del Asfalto

Método AASHTO 93	Método del Instituto del Asfalto
ESAL	EAL
2283599.73438497 EE	2549872.4430744 EE
2.28×10^6 EE	2.55×10^6 EE

Nota: Elaboración Propia (2025)

A diferencia de los métodos AASHTO 93 y del Instituto del Asfalto, el método mecanístico-empírico (MEPDG) no utiliza directamente los valores de ejes equivalentes (ESAL o EAL). En su lugar, requiere el ingreso de datos detallados de tránsito, tales como el porcentaje de distribución de vehículos por clase y la distribución horaria del tráfico pesado. Para este estudio, se consideraron las clases de vehículos comprendidas entre la clase 4 y la clase 13, las cuales fueron adaptadas a partir del conteo vehicular obtenido y posteriormente asociadas a las categorías establecidas en la metodología MEPDG.

Tabla 36

Distribución de clase de vehículos

CLASE	N° DE VEHICULOS	PORCENTAJE	OBSERVACIÓN
CLASE 4	1	0.8%	Anexo 3.3
CLASE 5	92	73.0%	Anexo 3.3
CLASE 6	23	18.3%	Anexo 3.3
CLASE 7	5	4.0%	Anexo 3.3
CLASE 8	0	0.0%	Anexo 3.3
CLASE 9	3	2.4%	Anexo 3.3
CLASE 10	2	1.6%	Anexo 3.3
CLASE 11	0	0.0%	Anexo 3.3
CLASE 12	0	0.0%	Anexo 3.3
CLASE 13	0	0.0%	Anexo 3.3
TOTAL	126	100.0%	Anexo 3.3

Nota: Elaboración Propia (2025)

Tabla 37

Distribución horaria de vehículos

INTERVALO DE HORAS	N° DE VEHICULOS	PORCENTAJE	OBSERVACIÓN
00-01	1	0.1%	Anexo 3.3
01-02	5	0.6%	Anexo 3.3
02-03	5	0.6%	Anexo 3.3
03-04	19	2.3%	Anexo 3.3
04-05	19	2.3%	Anexo 3.3
05-06	18	2.2%	Anexo 3.3
06-07	31	3.8%	Anexo 3.3
07-08	51	6.2%	Anexo 3.3
08-09	15	1.8%	Anexo 3.3
09-10	48	5.9%	Anexo 3.3
10-11	64	7.8%	Anexo 3.3
11-12	43	5.2%	Anexo 3.3
12-13	75	9.1%	Anexo 3.3
13-14	56	6.8%	Anexo 3.3
14-15	57	7.0%	Anexo 3.3
15-16	53	6.5%	Anexo 3.3
16-17	39	4.8%	Anexo 3.3
17-18	91	11.1%	Anexo 3.3
18-19	32	3.9%	Anexo 3.3
19-20	48	5.9%	Anexo 3.3
20-21	20	2.4%	Anexo 3.3

21-22	22	2.7%	Anexo 3.3
22-23	7	0.9%	Anexo 3.3
23-24	1	0.1%	Anexo 3.3
TOTAL	820	100.0%	Anexo 3.3

Nota: Elaboración Propia (2025)

4.1.1.2. ESTUDIO DE SUELOS

4.1.1.2.1. ENSAYOS REALIZADOS A LA SUB RASANTE

Del Anexo 2.1 se obtienen los resultados de los ensayos realizados a la subrasante (terreno natural). Para la caracterización del material se ejecutaron cuatro calicatas con una profundidad de 1.50 metros, siguiendo los procedimientos establecidos en la normativa vigente. Estos ensayos permitieron determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

Tabla 38

Resultados del EMS realizado a la Sub Rasante (Terreno Natural)

DESCRIPCIÓN	C-01/M1	C-02/M1	C-03/M1	C-04/M1
Clasificación SUCS	SP	SP	SP	SP
Clasificación AASHTO	A-3-(0)	A-3-(0)	A-3-(0)	A-3-(0)
Contenido de Humedad (%)	0.30%	0.26%	0.44%	0.40%
Límite Líquido	N.P	N.P	N.P	N.P
Límite Plástico	N.P	N.P	N.P	N.P
Índice de Plasticidad	N.P	N.P	N.P	N.P
Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.953	1.964	1.961	1.974
Óptimo Contenido de Humedad	10.40%	9.60%	10.35%	9.60%
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	27.50%	32.30%	25.40%	31.00%
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	16.30%	19.60%	17.60%	21.30%

Nota: Elaboración Propia (2025)

4.1.1.2.2. ENSAYOS REALIZADOS PARA MATERIAL GRANULAR (SUB BASE Y BASE)

Del Anexo 2.2 se obtienen los resultados de los ensayos realizados al material granular destinado a las capas de base y subbase, los cuales se ejecutaron con el fin de verificar el cumplimiento de los requisitos mínimos establecidos por la norma CE.010 – Pavimentos Urbanos, propuesta por el Instituto de la Construcción y Gerencia (ICG). Los resultados obtenidos confirmaron que los materiales evaluados cumplen con las especificaciones técnicas exigidas para su utilización en el diseño estructural del pavimento flexible.

Tabla 39

Resultados del EMS realizado a la al material granular para base y sub base

PROPIEDADES	CANTERA	REQUERIMIENTO		VERIFICACIÓN	
	OMEGA	SUB BASE	BASE	SUB BASE	BASE
Granulometría	< 3000 m.s.n.m.	GRADACIÓN B	GRADACIÓN B	CUMPLE	CUMPLE
Limite Líquido	N.P.	25 % MAXIMO	-	CUMPLE	-
Índice de Plasticidad	N.P.	6 % MAXIMO	4 % MAXIMO	CUMPLE	CUMPLE
C.B.R. al 100% de la M.D.S. (0.1")	100.50%	40 % MINIMO	80 % MINIMO	CUMPLE	CUMPLE
C.B.R. al 95% de la M.D.S. (0.1")	41.90%	-	-	-	-
Equivalente de Arena (%)	44%	25 % MINIMO	35 % MINIMO	CUMPLE	CUMPLE
Abrasión de los Ángeles (%)	24.92%	50 % MAXIMO	40 % MAXIMO	CUMPLE	CUMPLE
Partículas con 1 cara fracturada (%)	93.29%	-	80 % MINIMO	-	CUMPLE
Partículas con 2 caras fracturada (%)	83.71%	-	40 % MINIMO	-	CUMPLE
Sales Solubles (%)	0.24%	1 % MAXIMO	0.5 % MAXIMO	CUMPLE	

Nota: Elaboración Propia (2025)

4.1.1.3. ESTUDIO CLIMÁTICO

De acuerdo con los métodos del Instituto del Asfalto y el MEPDG, se requiere contar con información climática representativa de la zona de estudio, dado que las condiciones ambientales influyen directamente en el comportamiento estructural del pavimento. Estos datos fueron obtenidos de la estación meteorológica más cercana al área del proyecto, información proporcionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Tabla 40

Datos de Estación Meteorológica más cercana para estudios

ESTACION METEREOLÓGICA BUENA VISTA	
Latitud	-9.44
Longitud	-78.2
Altitud	216 m.s.n.m.
Departamento	Ancash
Provincia	Casma
Distrito	Buena Vista

Nota: Elaboración Propia (2025)

Tabla 41

Temperatura promedio anual de los últimos 10 años según SENAMHI

AÑO	TEMPERATURA EN °C
2018	28.25
2017	28.71
2016	29.18
2015	29.2
2014	28.5
2013	27.95
2012	28.9
2011	28.24
2010	28.14
2009	28.42
PROMEDIO	28.55

Nota: Elaboración Propia (2025)

4.1.2. RESULTADOS ESTRUCTURALES DE PAVIMENTO FLEXIBLE

4.1.2.1. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CALCULADA POR EL MÉTODO AASHTO 93

Se elaboró un cuadro resumen que presenta todos los parámetros considerados en el diseño estructural del pavimento flexible de acuerdo con la metodología AASHTO 93.

Tabla 42

Parámetros de diseño del método AASHTO 93

PARÁMETROS DE DISEÑO	VALORES
Periodo de diseño	20 años
ESAL (W_{18})	2,283,599.73 EE
Tipo de Trafico	T_{P6}
Confiabilidad (R)	85%
Desviación Estándar Normal (Z_r)	-1.036
Desviación Estándar Combinada (S_0)	0.45
Índice de Serviciabilidad Inicial (P_i)	4.00
Índice de Serviciabilidad Final (P_f)	2.50
Variación de Serviciabilidad (ΔPSI)	1.50
Modulo Resiliente de la Sub Rasante (M_R)	15,247.23 psi
Coeficiente Estructural de la Carpeta Asfáltica (a_1)	0.170/cm
Coeficiente Estructural de la Base Granular (a_2)	0.052/cm
Coeficiente Estructural de la Sub Base Granular (a_3)	0.047/cm
Coeficiente de Drenaje de la Base Granular (m_2)	1.00
Coeficiente de Drenaje de la Sub Base Granular (m_3)	1.00
Numero Estructural (SN)	2.960

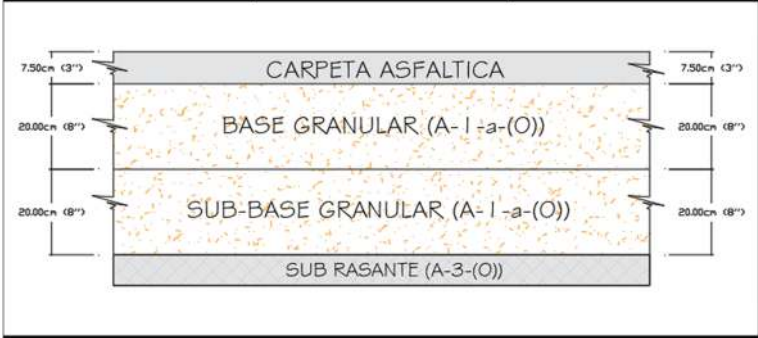
Nota: Elaboración Propia (2025)

Luego de contar con todos los valores presentados en el Anexo 3.1 y conforme a lo establecido en la memoria de cálculo, se obtuvo la estructura final del pavimento flexible, determinada a partir de los parámetros y criterios de diseño definidos para la presente tesis.

Figura 11

Diseño estructural mediante el método AASHTO 93

CAPAS	ESPESOR (pulg.)	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	3.00	7.50
BASE GRANULAR	8.00	20.00
SUB BASE GRANULAR	8.00	20.00
ESPESOR TOTAL	19.00	47.50



Nota: Elaboración Propia (2025)

De esta manera, se define la estructura de pavimento flexible diseñada mediante el método AASHTO 93 para el sector Villa Hermosa – Casma, conformada por una carpeta asfáltica de 7.50 cm, una base granular de 20 cm y una subbase granular de 20 cm, apoyadas sobre la subrasante mejorada. Con ello se da cumplimiento al objetivo específico de definir el método AASHTO 93 para determinar la estructura del pavimento flexible en Villa Hermosa – Casma.

4.1.2.2. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CALCULADA POR EL MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

Se elaboró un cuadro resumen que presenta todos los parámetros considerados en el diseño estructural del pavimento flexible de acuerdo con la metodología del Instituto del Asfalto

Tabla 43

Parámetros de diseño del método Instituto del Asfalto

PARÁMETROS DE DISEÑO	VALORES
Periodo de diseño	20 años
EAL de Diseño	2.50 x 106 EE

Modulo Resiliente de la Sub Rasante (M_R)	2.48 x 104 psi
Temperatura Media Anual del Aire	83.39 °F (>75 °F)
Tipo de Base elegida	Agregados No Tratados
Abaco de Diseño Elegido	A-35, A-36

Nota: Elaboración Propia (2025)

Luego de relacionar los parámetros de diseño y determinar los espesores correspondientes, tal como se muestra en el Anexo 3.2, se definió la estructura final del pavimento flexible, estableciendo las capas y materiales que la componen de acuerdo con los resultados obtenidos en el proceso de diseño.

Figura 12

Diseño estructural mediante el método Instituto del Asfalto

CAPAS	ESPEJOR (pulg.)	ESPEJOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	5.00	12.50
BASE GRANULAR	6.00	15.00
SUB BASE GRANULAR	6.00	15.00
ESPEJOR TOTAL	17.00	42.50

Nota: Elaboración Propia (2025)

En consecuencia, se define la estructura de pavimento flexible mediante el método del Instituto del Asfalto para el sector Villa Hermosa – Casma, constituida por una carpeta asfáltica de 12.50cm, una base granular de 15 cm y una subbase granular de 15 cm. De esta forma se cumple el objetivo específico de definir el método del Instituto del Asfalto para determinar la estructura del pavimento flexible en Villa Hermosa – Casma.

4.1.2.3. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE CALCULADA POR EL MÉTODO MECANÍSTICO EMPÍRICO MEPDG

Los parámetros de entrada utilizados para la modelación en el software se presentan en el cuadro correspondiente, destacándose aquellos más representativos para el análisis. En el Anexo 3.3 se detalla de manera específica el procedimiento seguido para el ingreso de dichos parámetros en la interfaz del programa, así como las consideraciones adoptadas durante el proceso de modelación.

Tabla 44

Parámetros de diseño (datos de entrada software)

PARÁMETROS DE DISEÑO (DATOS DE ENTRADA SOFTWARE)	VALORES
Periodo de diseño	20 años
IRI Inicial (plg/Milla)	63 plg/milla
IRI Final (plg/Milla)	172 plg/milla
Fisuración Longitudinal descendente (ft/milla)	2000.00
Fisuración de piel de cocodrilo (%)	25%
Fractura Térmica (pies/milla)	1000.00
Fractura por fatiga (%)	25%
Deformación permanente Pavimento total (pulg)	0.75
Deformación permanente solo capa asfáltica (pulg)	0.25
Nivel de Confiabilidad (%)	0.90
Vida útil de pavimento	20 años
AADTT (Numero de camiones diario anual)	126.00
Dirección de diseño de tráfico	0.50
Carril de Diseño	0.90
Tasa de Crecimiento anual	1.49%
Factores de Distribución de carga por eje	Predeterminado
Ubicación media de la rueda (plg)	18 plg
Desviación estándar de la desviación de tráfico (plg)	10 plg
Ancho de carril de diseño (ft)	12 ft
Clima	Archivo
Estructura a modelar (carpeta asfáltica en plg)	3
Estructura a modelar (base granular en plg)	6
Estructura a modelar (sub base granular en plg)	6
Estructura a modelar (sub rasante)	Semi - infinito

Nota: Elaboración Propia (2025)

Resultados de modelos de predicción:

Figura 13

Criterios de desempeño

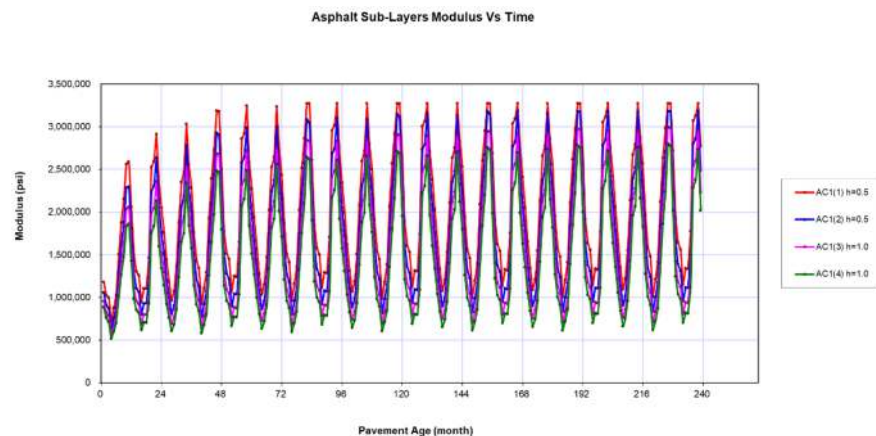
Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	92.9	99.87	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	0.8	99.999	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	0	99.999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	1	99.999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0.25	90	0.06	99.999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0.75	90	0.28	99.999	Pass

Nota: Elaboración Propia (2025)

En esta imagen se presenta un resumen de los resultados obtenidos a partir de los modelos de predicción, elaborados según el análisis de diseño del pavimento flexible mediante el uso del software MEPDG. Se observa que los criterios de desempeño evaluados se encuentran dentro de los límites máximos permitidos, lo que indica que la estructura propuesta cumple con las condiciones requeridas.

Figura 14

Valores de módulo de Resilencia a lo largo del periodo de diseño

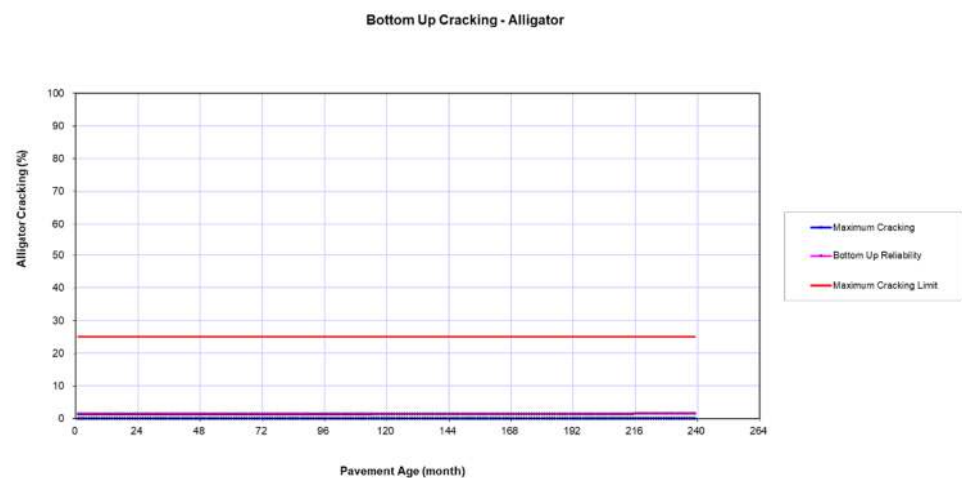


Nota: Elaboración Propia (2025)

En la figura se presentan los valores del módulo de resiliencia del asfalto en función del tiempo, considerando un periodo de 240 meses. Se observa que, conforme transcurre el tiempo, el módulo resiliente experimenta variaciones, las cuales responden a fluctuaciones en la intensidad del tránsito vehicular en determinadas épocas.

Figura 15

Grietas tipo piel de cocodrilo

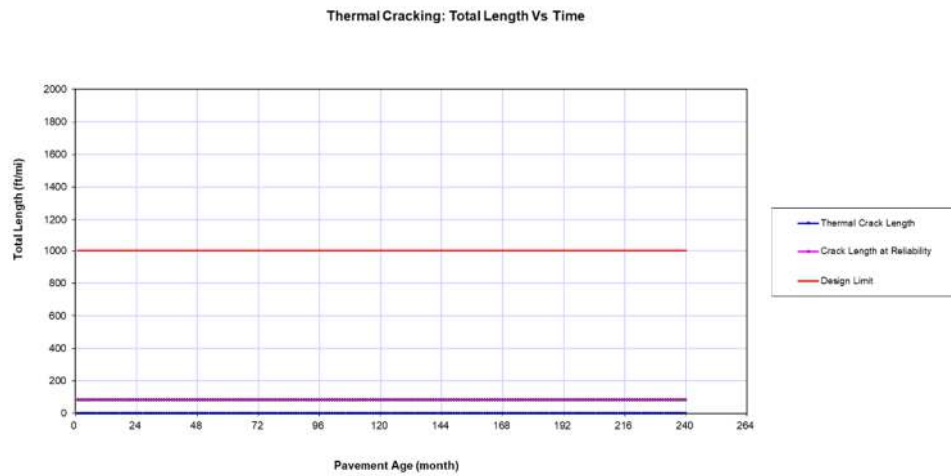


Nota: Elaboración Propia (2025)

En la figura se aprecia el pronóstico de aparición y evolución de las grietas tipo piel de cocodrilo a lo largo del periodo de diseño, expresado en meses. Se evidencia que los valores obtenidos permanecen dentro de los límites aceptables establecidos por los criterios de desempeño de la metodología MEPDG.

Figura 16

Longitud de grietas por efecto de temperatura

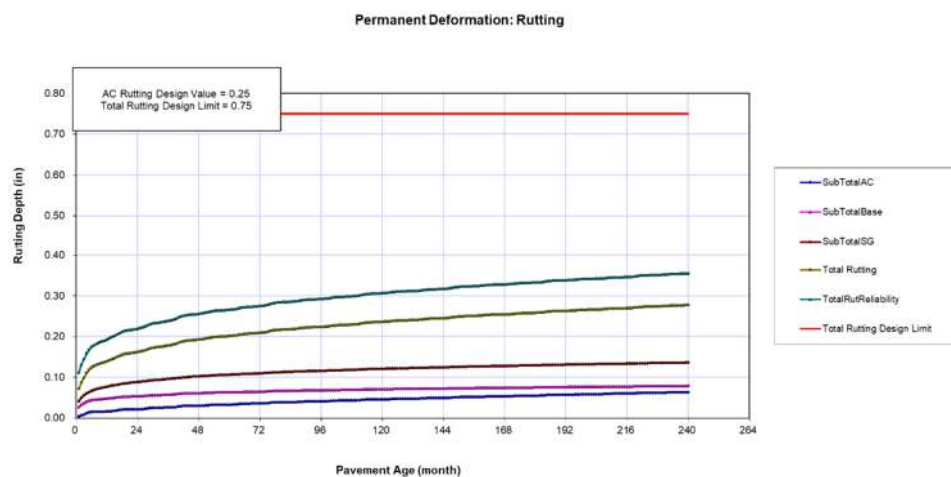


Nota: Elaboración Propia (2025)

En la figura se presenta el pronóstico de la longitud de las grietas inducidas por efectos térmicos a lo largo del periodo de servicio del pavimento. Se observa que los valores obtenidos se mantienen dentro de los límites permitidos

Figura 17

Ahuellamiento de pavimento



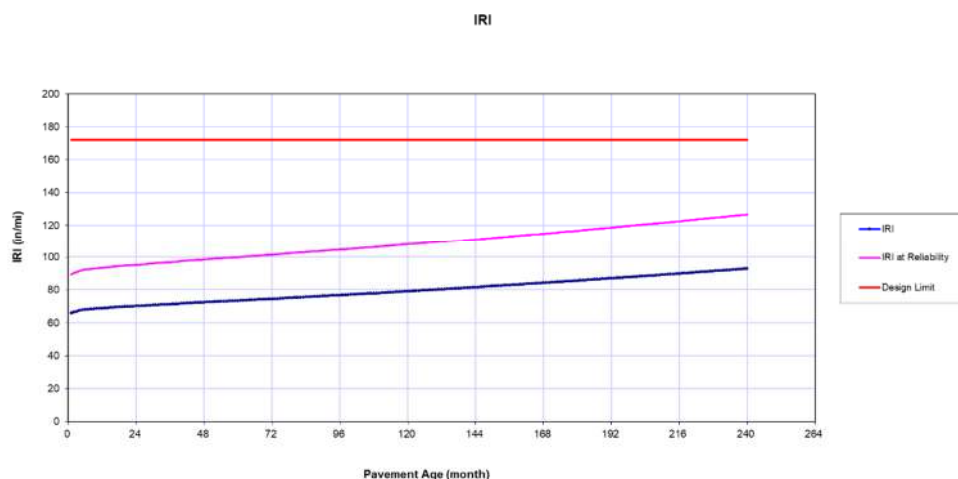
Nota: Elaboración Propia (2025)

En la figura se muestra la deformación permanente o ahuellamiento proyectado del pavimento para un periodo de 20 años. Es importante señalar que la Guía de Diseño Mecanístico-Empírico de Pavimentos (MEPDG) establece como límites de referencia un máximo de 0.30 pulgadas para la deformación permanente en la capa asfáltica y un valor de hasta 0.75 pulgadas para el ahuellamiento total del pavimento (total rutting).

En este caso, los resultados obtenidos se encuentran dentro de los límites permitidos, lo que indica que la estructura diseñada cumple con los criterios de desempeño establecidos por la metodología.

Figura 18

Proyección del Índice de Regularidad Internacional (IRI)



Nota: Elaboración Propia (2025)

En la figura mostrada se presenta la proyección del Índice de Regularidad Internacional (IRI) correspondiente a un periodo de 20 años de servicio del pavimento. El IRI de servicio se deriva del IRI inicial, el cual aumenta progresivamente con el tiempo debido al desarrollo de deformaciones permanentes, fisuras, ondulaciones y otros deterioros superficiales.

De acuerdo con la Guía de Diseño Mecanístico-Empírico de Pavimentos (MEPDG), el valor máximo permitido para el IRI terminal es de 200 in/milla. En este caso, el valor proyectado del IRI a los 20 años es de 122.80 in/milla, situándose dentro del rango establecido, lo que demuestra que el pavimento cumple con los criterios de desempeño exigidos

De acuerdo con que todos los resultados obtenidos se encuentran dentro de los valores permitidos para la estructura propuesta, y considerando que al ser modelada cumple con los criterios de desempeño establecidos, el diseño estructural final del pavimento queda determinado de la siguiente manera:

Figura 19

Diseño estructural mediante el método Mecanístico–Empírico (MEPDG),

CAPAS	ESPESOR (pulg.)	ESPESOR (cm)
CARPETA ASFALTICA	3.00	7.50
BASE GRANULAR	6.00	15.00
SUB BASE GRANULAR	6.00	15.00
ESPESOR TOTAL	15.00	37.50



Nota: Elaboración Propia (2025)

Por lo expuesto, se define la estructura de pavimento flexible diseñada mediante el método Mecanístico–Empírico (MEPDG) para el sector Villa Hermosa – Casma, compuesta por una carpeta asfáltica de 7.50 cm, una base granular de 15 cm y una subbase granular de 15 cm, sobre la subrasante existente. Con ello se atiende el objetivo específico de definir el método

Mecanístico–Empírico MEPDG para determinar la estructura del pavimento flexible en Villa Hermosa – Casma.

4.1.3. ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS DE DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE

4.1.3.1. ANÁLISIS TÉCNICO

Análisis:

- ✓ El espesor total de la estructura del pavimento obtenido mediante el método AASHTO 93 es de 47.50 cm, para el método del Instituto del Asfalto se obtuvo un espesor de 42.50 cm. Por otro lado, el método Mecanístico–Empírico (MEPDG) presenta un espesor total de 37.50 cm. Esto implica que las estructuras obtenidas por los métodos AASHTO 93 e Instituto del Asfalto resultan aproximadamente un 26.67% y 13.33% mayores respectivamente en comparación con la propuesta del método MEPDG, evidenciando que este último optimiza el diseño al requerir menores espesores estructurales manteniendo el cumplimiento de los criterios de desempeño.
- ✓ Como se sabe, a mayor espesor de la carpeta asfáltica, mayor será la durabilidad y capacidad estructural del pavimento durante su período de diseño. En este caso, el método AASHTO 93 determinó un espesor de 7.50 cm para la carpeta asfáltica, el método del Instituto del Asfalto obtuvo un espesor de 12.50 cm, mientras que el método Mecanístico–Empírico (MEPDG) arrojó un espesor de 7.50 cm.

Sin embargo, el método MEPDG es el único que considera el desempeño del pavimento a lo largo del período de diseño, evaluando

criterios de falla como la deformación permanente o ahuellamiento, las grietas y la rugosidad (IRI) mediante modelos de predicción.

En los resultados de modelamiento se observa que el pavimento cumple con los límites establecidos para la deformación permanente, mientras que los métodos AASHTO 93 e Instituto del Asfalto no incorporan este tipo de análisis de desempeño

- ✓ En los dos primeros métodos, el AASHTO 93 empleó una ecuación iterativa para la determinación del Número Estructural (SN), la cual relaciona factores de tránsito, confiabilidad, módulo resiliente y pérdida de Serviciabilidad. En cambio, el método del Instituto del Asfalto se basó en el uso de cartas de diseño desarrolladas por dicho instituto, las cuales permiten determinar los espesores de las capas a partir del tránsito, las condiciones del suelo y clima.

Por su parte, el método Mecanístico–Empírico (MEPDG) utilizó un software especializado, que integra los parámetros de materiales, clima y tránsito en modelos de comportamiento, permitiendo simular el desempeño del pavimento a lo largo del tiempo mediante un enfoque mucho más realista y completo.

- ✓ Al comparar los tres métodos, se observa que el MEPDG resulta ser el más económico, debido a que propone un espesor total menor (37.50 cm) y, sobre todo, una reducción significativa en la capa asfáltica, que es el componente de mayor incidencia en el costo total del pavimento.

En cambio, aunque el Instituto del Asfalto y AASHTO 93 presentan espesores de 42.50 cm y 47.50 cm respectivamente, el primero demanda mayor cantidad de mezcla asfáltica (12.50 cm), lo que incrementa considerablemente el costo de ejecución.

4.1.3.2. ANÁLISIS ECONÓMICO

Se efectuó un análisis económico sustentado en el Anexo 5. A partir de los diseños obtenidos, se desarrollaron las partidas correspondientes y sus respectivos análisis de costos unitarios, considerando las variaciones de espesor en la subbase, base y carpeta asfáltica establecidas por cada método. El costo resultante se expresa por metro cuadrado de área asfaltada.

4.1.3.2.1. PRESUPUESTO – MÉTODO AASHTO 93

Tabla 45

Presupuesto Método AASHTO 93

DESCRIPCIÓN	UNID AD	METR ADO	PRECI O S/	PARCI AL S/
NIVELACION Y COMPACTACION DE SUB- RASANTE C/MAQ	m ²	1.00	3.39	3.39
SUB-BASE GRANULAR DE E=0.20m	m ²	1.00	16.76	16.76
BASE GRANULAR DE E=0.20m	m ²	1.00	16.76	16.76
BARRIDO DE BASE PARA IMPRIMACION	m ²	1.00	1.04	1.04
IMPRIMACION ASFALTICA CON MC-30	m ²	1.00	9.23	9.23
CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 3"	m ²	1.00	73.68	73.68
PRECIO x m ²				120.86

Nota: Elaboración Propia (2025)

4.1.3.2.2. PRESUPUESTO – MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

Tabla 46

Presupuesto Método del Instituto del Asfalto

DESCRIPCIÓN	UNID AD	METR ADO	PRECI O S/	PARCI AL S/
NIVELACION Y COMPACTACION DE SUB- RASANTE C/MAQ	m ²	1.00	3.39	3.39
SUB-BASE GRANULAR DE E=0.20m	m ²	1.00	13.84	13.84
BASE GRANULAR DE E=0.20m	m ²	1.00	13.84	13.84
BARRIDO DE BASE PARA IMPRIMACION	m ²	1.00	1.04	1.04
IMPRIMACION ASFALTICA CON MC-30	m ²	1.00	9.23	9.23
CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 3"	m ²	1.00	119.07	119.07
PRECIO x m ²				160.41

Nota: Elaboración Propia (2025)

4.1.3.2.3. PRESUPUESTO – MÉTODO MECANÍSTICO EMPÍRICO

Tabla 47

Presupuesto Método Mecanístico Empírico MEPDG

DESCRIPCIÓN	UNID AD	METR ADO	PRECI O S/	PARCI AL S/
NIVELACION Y COMPACTACION DE SUB- RASANTE C/MAQ	m ²	1.00	3.39	3.39
SUB-BASE GRANULAR DE E=0.20m	m ²	1.00	13.84	13.84
BASE GRANULAR DE E=0.20m	m ²	1.00	13.84	13.84
BARRIDO DE BASE PARA IMPRIMACION	m ²	1.00	1.04	1.04
IMPRIMACION ASFALTICA CON MC-30	m ²	1.00	9.23	9.23
CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 3"	m ²	1.00	73.68	73.68
PRECIO x m ²				115.02

Nota: Elaboración Propia (2025)

4.1.3.2.4. EVALUACIÓN ECONÓMICA

Tabla 48

Comparación presupuestal de los tres métodos

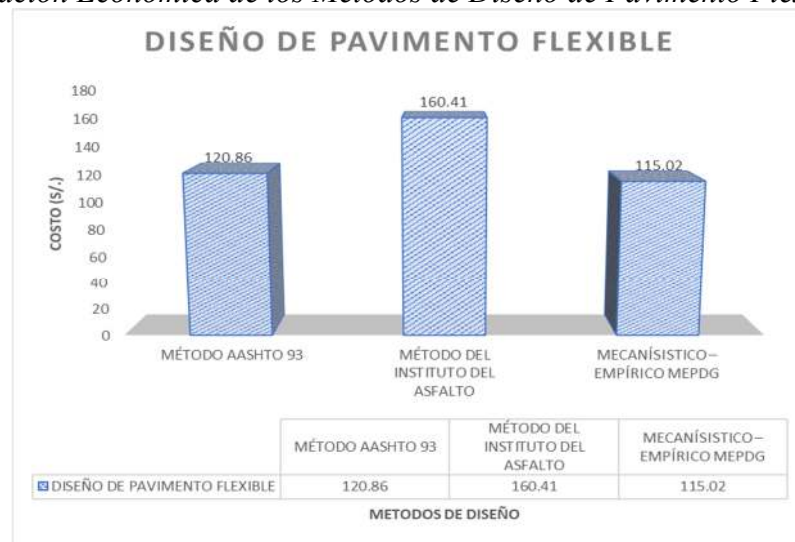
DISEÑO DE PAVIMENTO FLEXIBLE	COSTO (S/.) POR M2
MÉTODO AASHTO 93	120.86
MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO	160.41
MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG	115.02

Nota: Elaboración Propia (2025)

En la gráfica se presentan los costos totales por metro cuadrado correspondientes a cada método evaluado. A continuación, se muestra una segunda gráfica en la que se detalla el precio asociado y el método al que pertenece.

Tabla 49

Evaluación Económica de los Métodos de Diseño de Pavimento Flexible



Nota: Elaboración Propia (2025)

4.1.3.3. CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS Y ELECCIÓN

- ✓ Con respecto al análisis técnico comparativo, se determina que el método que presenta una metodología de diseño más completa y precisa es el MEPDG. Este método considera de forma detallada los

factores de tránsito específicos para cada configuración de eje y clase vehicular, mientras que los métodos AASHTO 93 y del Instituto del Asfalto simplifican el análisis al emplear únicamente un valor global de ejes equivalentes (ESALs).

Asimismo, el método AASHTO 93 no contempla de manera explícita los factores climáticos, el Instituto del Asfalto sí los incluye parcialmente en sus ábacos de diseño, pero el MEPDG destaca por ser más integral, ya que permite incorporar una base de datos climática en formato compatible con el software, simulando de manera realista las condiciones ambientales del lugar de estudio.

De igual modo, los tres métodos utilizan los resultados de ensayos de materiales; sin embargo, el MEPDG ofrece mayor precisión, al permitir el ingreso detallado de parámetros granulométricos, módulos resilientes y propiedades volumétricas directamente en el modelo. Por todo lo expuesto, se elige el método Mecanístico–Empírico (MEPDG) como el más técnico, completo y representativo para el diseño estructural del pavimento flexible en este estudio.

En síntesis, a partir del análisis técnico (sección 4.1.3.1) y económico (sección 4.1.3.2), así como de la confrontación de los tres métodos (sección 4.1.3.3), se evalúan integralmente los resultados obtenidos con los métodos de diseño AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanístico–Empírico MEPDG, identificándose al MEPDG como el método que ofrece la estructura de pavimento

flexible más adecuada para el sector Villa Hermosa – Casma.

De este modo, se cumple el objetivo específico de evaluar técnicamente los resultados de los tres métodos a fin de determinar el método más adecuado para el diseño estructural de espesores del pavimento flexible en Villa Hermosa – Casma.

4.1.3.4 COMPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

En esta sección se realiza la comprobación de la hipótesis planteada en el Capítulo 1, a partir de los resultados obtenidos y discutidos en el Capítulo 4. La hipótesis de trabajo se formuló de la siguiente manera:

Hipótesis general: La confrontación de los resultados obtenidos mediante los métodos AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanístico–Empírico MEPDG permitirá identificar cuál de ellos ofrece la estructura de pavimento flexible más adecuada para las condiciones de tránsito, clima y suelo del sector Villa Hermosa – Casma.

Para contrastar esta hipótesis se consideraron, de manera articulada, el análisis técnico (sección 4.1.3.1), el análisis económico (sección 4.1.3.2) y la confrontación de métodos y elección (sección 4.1.3.3). En la Tabla 50 se sintetiza la evidencia empleada y el resultado de la contrastación.

Tabla 50

Síntesis de confrontación de métodos y comprobación de la hipótesis

Aspecto analizado	Evidencia en el Capítulo 4	Resultado respecto a la hipótesis
Comportamiento estructural y espesores totales de las secciones de pavimento	En la sección 4.1.3.1 se comparan los espesores de carpeta asfáltica, base y subbase obtenidos con cada método. Los métodos AASHTO 93 e Instituto del Asfalto arrojan espesores totales de 47.50 cm y 42.50 respectivamente, mientras que el método MEPDG propone 37.50 cm, manteniendo el cumplimiento de los criterios de desempeño.	El método MEPDG obtiene una estructura más eficiente (menor espesor total) sin comprometer el desempeño, lo que respalda la hipótesis al identificar una alternativa estructuralmente más adecuada.
Evaluación del desempeño mediante criterios mecanístico– empíricos	En la sección 4.1.2.3 y en las Figuras 13 a 18 se analizan los modelos de predicción generados con el software MEPDG, incluyendo deformación permanente, fisuración y evolución del IRI. Todos los indicadores se	El cumplimiento de los criterios de desempeño confirma que la estructura propuesta por el método MEPDG es adecuada para las condiciones de tránsito, clima y suelo de Villa Hermosa – Casma,

	encuentran por debajo de los límites máximos establecidos por la Guía de Diseño MEPDG durante los 20 años de periodo de diseño.	reforzando la validez de la hipótesis.
Análisis económico comparativo de los tres métodos	En la sección 4.1.3.2 y en las Tablas 45 a 49 se comparan los costos por metro cuadrado de cada alternativa de diseño. El método AASHTO 93 presenta un costo de 120.86 S/ por m ² , el método del Instituto del Asfalto 160.41 S/ por m ² y el método Mecanístico– Empírico MEPDG 115.02 S/ por m ² , siendo este último el de menor costo.	El menor costo asociado a la estructura diseñada mediante el MEPDG, combinado con su buen desempeño estructural, indica que esta alternativa resulta no solo técnicamente adecuada, sino también económicamente más conveniente.
Confrontación global de métodos y técnicas de elección de la alternativa más adecuada	En la sección 4.1.3.3 se integran los resultados y económicos, concluyéndose que el MEPDG es el método más completo y representativo, al considerar detalladamente el tránsito, el clima y las propiedades de los	La elección del método MEPDG como el más adecuado para el diseño estructural del pavimento flexible en Villa Hermosa – Casma permite aceptar la hipótesis planteada, ya que la confrontación de los tres

materiales, a diferencia de los métodos condujo a enfoques empíricos de identificar la alternativa AASHTO 93 y del Instituto del estructural más apropiada Asfalto. para las condiciones locales.

Nota: Elaboración Propia (2025).

En función de la evidencia resumida en la Tabla 50, se concluye que la hipótesis general de la investigación queda confirmada, puesto que la confrontación sistemática de los resultados de los métodos AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanístico–Empírico MEPDG permitió identificar al MEPDG como el método que ofrece la estructura de pavimento flexible más adecuada para las condiciones de tránsito, clima y suelo del sector Villa Hermosa – Casma.

4.2. DISCUSIONES

En relación con el objetivo específico 1, "Definir la estructura de pavimento flexible mediante el método AASHTO 93 en el C.P. Villa Hermosa – Casma", se obtuvo una estructura de pavimento flexible conformada por 7.50 cm de carpeta asfáltica, 20 cm de base granular y 20 cm de subbase. Esta configuración se fundamenta en la metodología empírica de la Guía AASHTO 93, ya que vincula el Número Estructural (SN) con el tránsito (ESAL), el nivel de confiabilidad, la variación de serviciabilidad y el módulo resiliente de la subrasante. Los resultados obtenidos son coherentes con la literatura especializada: Acevedo (2021) observó que AASHTO tiende a generar espesores intermedios, evitando el sobredimensionamiento excesivo característico de métodos más conservadores. Asimismo, se tuvo que Tacanga y Vela (2022) señalaron que, puesto que AASHTO 93 puede implicar costos superiores frente a otras alternativas, su diseño responde de manera directa a la demanda de tráfico. En el caso del tramo Villa Hermosa – Casma, el elevado Índice Medio Diario Anual (IMDA) y el consecuente Número

Equivalente de Ejes Simples (ESAL), del orden de 2.28 millones, justifican los espesores obtenidos, los cuales resultan mayores a los reportados en estudios con menor demanda de tránsito, como el de Balarezo y Vergara (2023). Esto reafirma que, dado que es un método empírico, AASHTO 93 es altamente sensible a la magnitud de las cargas repetitivas, tal como lo establece su marco teórico.

En cuanto al objetivo específico 2, "Definir la estructura de pavimento flexible mediante el método del Instituto del Asfalto en el C.P. Villa Hermosa – Casma", se determinó una estructura compuesta por 12.50 cm de carpeta asfáltica, 15 cm de base granular y 15 cm de subbase. El mayor espesor de carpeta asfáltica respecto al obtenido con AASHTO 93 se explica por la naturaleza del método del Instituto del Asfalto, ya que incorpora explícitamente factores como la temperatura media anual y el módulo resiliente de la subrasante mediante el uso de ábacos de diseño. Esta aproximación, de carácter más conservador, coincide con lo reportado por Chachinoy et al. (2023), quienes observaron que los métodos que integran un mayor número de variables tienden a proponer estructuras más robustas. Además de ello, Acevedo (2021) destacó que metodologías que consideran factores adicionales como la temperatura y las propiedades del ligante asfáltico, tal como el método Shell, suelen exigir mayores espesores. La comparación con el estudio de Balarezo y Vergara (2023), mientras que el método del Instituto del Asfalto también generó un mayor costo y un espesor de carpeta asfáltica superior en relación con AASHTO 93, refuerza la idea de que este método prioriza la durabilidad y resistencia frente a las condiciones ambientales y de tráfico, lo que se traduce en una inversión inicial más elevada para el tramo Villa Hermosa – Casma.

Respecto al objetivo específico 3, "Definir el método Mecanístico–Empírico MEPDG para determinar la estructura del pavimento flexible en Villa Hermosa – Casma", se obtuvo una estructura integrada por 7.50 cm de carpeta asfáltica, 15 cm de base granular

y 15 cm de subbase. Esta definición se logró mediante la modelación en software especializado, puesto que integra detalladamente las propiedades de los materiales, la distribución del tránsito por clase vehicular y las condiciones climáticas, permitiendo predecir el desempeño del pavimento a lo largo de su vida de diseño. Este enfoque, basado en la respuesta mecánica del pavimento frente a las cargas y al ambiente, coincide con los hallazgos de Arias (2022) y Lainez (2022), quienes concluyeron que los diseños mecanicistas o mecanístico–empíricos ofrecen ventajas estructurales y económicas, al optimizar los espesores y reducir los riesgos de fallas por fatiga y ahuellamiento en comparación con los métodos puramente empíricos. La capacidad del MEPDG para simular el deterioro y verificar que los criterios de desempeño (ahuellamiento, fisuración e IRI, entre otros) se mantengan dentro de límites aceptables, incluso con espesores totales menores que los propuestos por AASHTO 93 y el Instituto del Asfalto, evidencia la eficiencia y precisión de este método para el diseño de pavimentos flexibles en Villa Hermosa – Casma.

Finalmente, en relación con el objetivo específico 4, "Evaluar técnicamente los resultados obtenidos con los métodos de diseño AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanístico–Empírico MEPDG, con el fin de identificar el método adecuado para el diseño estructural de espesores del pavimento flexible en Villa Hermosa – Casma", se concluyó que el método Mecanístico–Empírico MEPDG es el más adecuado. Esta determinación se fundamentó en un análisis comparativo de los espesores estructurales, el desempeño proyectado y los costos por metro cuadrado de cada alternativa. El MEPDG propone la menor sección total (37.50 cm) y el costo más bajo (115.02 S/ por m²), cumpliendo simultáneamente con todos los criterios de desempeño, lo cual es consistente con las conclusiones de Arias (2022) y Lainez (2022), quienes resaltan la eficiencia de los enfoques mecanicistas frente a los empíricos. A diferencia de AASHTO 93 y del método

del Instituto del Asfalto —que pueden conducir al sobredimensionamiento o a una menor consideración integral de factores críticos—, el MEPDG integra de forma exhaustiva el tránsito por clase, el clima y las propiedades de los materiales, permitiendo un diseño más preciso y optimizado. Esta capacidad de simulación y predicción del comportamiento estructural, tal como señalan Chachinoy et al. (2023), resulta fundamental para seleccionar una estructura que equilibre adecuadamente seguridad, durabilidad y economía, confirmando que el MEPDG es el método más idóneo para el diseño estructural del pavimento flexible en el tramo Villa Hermosa – Casma.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se evaluó el desempeño de los métodos AASHTO 93, Instituto del Asfalto y Mecanístico–Empírico (MEPDG) mediante la confrontación de sus resultados de diseño para el sector Villa Hermosa – Casma. Se determinó que el método Mecanístico–Empírico (MEPDG) constituye la alternativa técnicamente más adecuada y económicamente más eficiente. En función de ello, se confirma que la hipótesis planteada en la investigación es consistente con los hallazgos obtenidos y, por lo tanto, resulta aceptable.
- Se definió la estructura del pavimento flexible empleando el método AASHTO 93, obteniéndose un espesor total de 47.5 cm. Esta estructura está conformada por una carpeta asfáltica de 7.5 cm (3”), una base granular de 20 cm (8”) y una subbase granular de 20 cm (8”). Este diseño, influenciado por un alto número de ejes equivalentes (ESAL), refleja la naturaleza empírico-conservadora del método.
- Se definió la estructura del pavimento flexible empleando el método del Instituto del Asfalto, obteniéndose un espesor total de 42.5 cm. Esta estructura se compone de una carpeta asfáltica de 12.5 cm (5”), una base granular de 15 cm (6”) y una subbase granular de 15 cm (6”). El mayor espesor de la carpeta asfáltica en este método se atribuye a la consideración explícita de la temperatura media anual y el módulo resiliente de la subrasante en sus ábacos de diseño.
- Se definió la estructura del pavimento flexible empleando el método Mecanístico–Empírico MEPDG, obteniéndose un espesor total de 37.5 cm.

Esta estructura está conformada por una carpeta asfáltica de 7.5 cm (3”), una base granular de 15 cm (6”) y una subbase granular de 15 cm (6”). Este método, al integrar detalladamente las propiedades de los materiales, el tránsito por clases vehiculares y las condiciones climáticas, permitió un diseño optimizado que cumple con los criterios de desempeño (ahuellamiento, fisuración e IRI) con el menor espesor total.

- Tras la evaluación técnica y económica de los tres métodos de diseño, se determinó que el método Mecanístico–Empírico MEPDG es el más adecuado para las condiciones del C.P. Villa Hermosa. Esto se debe a que permite definir una estructura con el menor espesor total (37.5 cm), incorpora parámetros más representativos de las condiciones reales de operación y predice con mayor precisión las posibles fallas a lo largo de la vida útil del pavimento. Además, la evaluación económica confirmó que el MEPDG es también el método más económico entre los tres considerados, ofreciendo la mejor relación costo-beneficio.

1.1. RECOMENDACIONES

- Se recomienda a futuros investigadores ampliar la comparación incorporando un mayor número de métodos de diseño, ya que cada uno considera diferentes parámetros y criterios de análisis. Esto permitirá obtener evaluaciones más completas y fundamentadas sobre el comportamiento estructural del pavimento.
- Se recomienda a futuros investigadores analizar subrasantes ubicadas en otras zonas con diferentes valores de CBR y niveles de tráfico, a fin de comparar el

comportamiento estructural del pavimento bajo condiciones geotécnicas y operativas diversas.

- Se recomienda a futuros investigadores desarrollar estudios en zonas con condiciones climáticas distintas, de modo que sea posible evaluar, mediante la metodología MEPDG, el comportamiento del pavimento frente a diversos escenarios ambientales.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

2. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

AASHTO. (1993). *Guía AASHTO para el diseño de estructuras de pavimento*. American Association of State Highway and Transportation Officials.

Abaza, K. A. (2021). Empirical-Markovian approach for estimating the flexible pavement structural capacity: Caltrans method as a case study. *International Journal of Transportation Science and Technology*, 10(2), 156–166.
<https://doi.org/10.1016/j.ijtst.2020.12.007>

Acevedo Zarate, L. K. (2022). *Método AASHTO y método Shell en el diseño de espesores para pavimentos flexibles, Huancayo–Junín* [Trabajo de investigación].

Al Maghawri, S., Ibrahim, O. R., Gamil, Y., & Al Sheikh, R. (2023). Comparing between the flexible pavement design methods based on durability and cost-effectiveness. *Civil Engineering and Architecture*, 11(6), 3775–3788.
<https://doi.org/10.13189/cea.2023.110639>

Instituto del Asfalto. (1981). *Guía de diseño del Instituto del Asfalto*.

Batista Alcántara, A. R. (2014). *Chequeo de estructuras de pavimento flexible a través del software MEPDG* [Tesis de pregrado, Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas].

Bonilla, G. J. T. (2004). *Guía NCHRP 1-37A. Rompiendo paradigmas en el diseño de pavimentos*.

Beltrán-Calvo, G. I., & Romo-Organista, M. P. (2014). Evaluación de pavimentos y decisiones de conservación con base en sistemas de inferencia difusos. *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 15(3), 391–402. [https://doi.org/10.1016/S1405-7743\(14\)70349-X](https://doi.org/10.1016/S1405-7743(14)70349-X)

- Cai, X., Leng, Z., Ashish, P. K., Yang, J., & Gong, M. (2023). Quantitative analysis of the role of temperature in the mesoscale damage process of semi flexible pavement composite through finite element method. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 124. <https://doi.org/10.1016/j.tafmec.2022.103742>
- Castillo Nima, J. D., & Dolores Valverde, D. A. (2020). *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* [Tesis de pregrado, Escuela Profesional de Ingeniería Civil].
- Chaves, J. W. R., & de Oliveira, F. H. L. (2025). Impacts of backcalculation software selection on airport flexible pavements using the Aircraft Classification Rating/Pavement Classification Rating method. *Transportation Research Record*, 2679(3), 127–143. <https://doi.org/10.1177/03611981241275563>
- De Castro, C. C. O., & de Oliveira, F. H. L. (2024). Effect of replacing resistance classification methods for flexible airport pavements. *Journal of Transportation Engineering, Part B: Pavements*, 150(3). <https://doi.org/10.1061/JPEODX.PVENG-1314>
- Deneme, İ. Ö. (2021). Determination of tire contact stress and deflection distributions in flexible pavement using 3-D boundary element method. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 36(3), 1199–1211. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.753193>
- Dilip, D. M., Nazeeh, K. M., & Sivakumar Babu, G. L. (2023). Reliability analysis of flexible pavements based on the quantile-value method. *International Journal of Pavement Engineering*, 24(1). <https://doi.org/10.1080/10298436.2023.2241109>

- El-Ashwah, A. S., El-Badawy, S. M., & Gabr, A. R. (2021). A simplified mechanistic-empirical flexible pavement design method for moderate to hot climate regions. *Sustainability*, 13(19), 10760. <https://doi.org/10.3390/su131910760>
- 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* [Trabajo académico]. Huancavelica.
- Fang, M., Chen, Y., Deng, Y., Wang, Z., Zhu, M., Wang, J., & Zhu, W. (2024). A mix design method of flexible pavement cement concrete based on rubber and fiber coblending. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 36(2). <https://doi.org/10.1061/JMCEE7.MTENG-16782>
- Guo, X., & Hao, P. (2021). Influential factors and evaluation methods of the performance of grouted semi-flexible pavement (GSP)—A review. *Applied Sciences*, 11(15), 6700. <https://doi.org/10.3390/app11156700>
- Ibañez Ccoapaza, C. E., & Coaquira Cueva, D. Y. (2021). Determinación de índice de serviciabilidad y capacidad resistente. Caso práctico: pavimentos en Azángaro, Puno, Perú. *Infraestructura Vial*, 24(43), 1–15. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2215-37052022000100094
- Kuttah, D. (2024). Using repeated light-weight deflectometer test data to predict flexible pavement responses based on the mechanistic–empirical design method. *Construction Materials*, 4(1), 216–237. <https://doi.org/10.3390/constrmater4010012>
- Leiva Villacorta, F. (2002). *Nueva guía de diseño mecanístico-empírica para estructuras de pavimento*. LANAMME.

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* [Tesis de pregrado, Escuela Profesional de Ingeniería Civil].

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2014). *Manual de carreteras: Diseño de pavimentos.* MTC.

http://www.mtc.gob.pe/portal/transportes/carreteras/normas/manuales/Manual_de_Carreteras_Disenio_de_Pavimentos_2014.pdf

Mori Balarezo, D. S. (2022). *Comparación entre los métodos Instituto del Asfalto y AASHTO 93 para diseñar pavimento flexible en A.H. Brisas del Mar, 2022* [Tesis de pregrado, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Nuevo Chimbote].

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2014). *Manual de carreteras.*

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2016). *Manual de ensayos de materiales.*

Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2018). *Manual de carreteras: Diseño geométrico.*

National Cooperative Highway Research Program. (2004). *Guide for mechanistic-empirical design of new and rehabilitated pavement structures* (NCHRP Report 1-37A). Transportation Research Board.

Qian, J.-G., & Dai, Y.-C. (2023). Theory and analysis method of lower-bound dynamic shakedown for design of flexible pavement structure. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*, 23(4), 45–59. <https://doi.org/10.19818/j.cnki.1671-1637.2023.04.003>

Rahmawati, A., & Adiyasa, M. (2021). Analysis of remaining service life for flexible pavement using mechanistic-empirical methods. *International Journal of GEOMATE*, 21(85), 145–153. <https://doi.org/10.21660/2021.85.j2203>

Instituto Centroamericano del Asfalto, S. A. (2014). *Agrietamiento de las capas asfálticas en las carreteras*. Nicaragua.

Vu, N. H., Huu, D. N., & Tran, H. D. (2021). Flexible pavement life cycle cost analysis by using Monte-Carlo method and the suggestions for developing countries. *International Journal of Sustainable Construction Engineering and Technology*, 12(3), 68–74. <https://doi.org/10.30880/ijscet.2021.12.03.007>

Worthey, H., Yang, J. J., & Kim, S. S. (2021). Tree-based ensemble methods: Predicting asphalt mixture dynamic modulus for flexible pavement design. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 25(11), 4231–4239. <https://doi.org/10.1007/s12205-021-2306-9>

VII. ANEXOS

7. ANEXOS

7.1. ANEXO 1. ESTUDIO DE TRAFICO

7.1.1. CONTEO VEHICULAR



FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR ESTUDIO DE TRAFICO

FORMATO Nº 1

TRAMO DE LA CARRETERA	Calle Francisco Bolognesi
SENTIDO	ENTRADA  SALIDA 
UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA - CASMA
DÍA	1

ESTACION	Calle Francisco Bolognesi Progresiva 0 + 320 km
CODIGO DE LA ESTACION	E-01
DÍA Y FECHA	JULIO 24 7 2025

HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	3S3	2T2	2T3	3T2	3T3
DIAGRAMA VEH.																				
00-01	O	3	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	E	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03	O	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-05	O	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05-06	E	2	1	1	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06-07	O	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07-08	O	5	3	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08-09	E	5	1	2	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09-10	O	6	1	4	1	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-11	O	7	1	5	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-12	E	14	3	4	3	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12-13	O	17	2	0	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13-14	E	22	2	2	0	1	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-15	O	5	4	3	1	1	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-16	E	6	3	5	2	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16-17	O	10	3	3	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17-18	E	5	4	1	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18-19	O	11	2	2	1	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
19-20	E	9	2	4	1	2	0	0	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	O	12	6	4	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21-22	E	10	3	1	0	4	0	0	0	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	O	8	1	3	0	2	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	E	9	2	4	1	2	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24-25	O	11	3	2	1	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25-26	E	13	3	4	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26-27	O	14	3	4	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27-28	E	12	3	3	2	0	0	0	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
28-29	O	13	3	3	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29-30	E	12	3	3	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30-31	O	18	3	3	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31-32	E	24	6	7	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32-33	O	16	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33-34	E	16	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34-35	O	18	3	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35-36	E	14	3	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36-37	O	11	6	2	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37-38	E	10	3	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38-39	O	10	3	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39-40	E	11	3	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40-41	O	8	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41-42	E	5	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42-43	O	212	61	59	15	14	2	0	0	38	5	1	0	0	1	0	0	0	0	0
43-44	E	217	59	62	15	16	0	0	0	55	11	3	0	0	1	0	0	0	0	0
44-45	O	429	120	121	30	30	2	0	0	93	16	4	0	0	2	0	1	0	0	0

FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRÁFICO

FORMATO N° 1

TRAMO DE LA CARRETERA		Calle Francisco Bolognesi							ESTACION Calle Francisco Bolognesi Progresiva 0 + 320 km												
SENTIDO		ENTRADA		O	←		SAIDA		E	→		CODIGO DE LA ESTACION				E-01					
UBICACIÓN		C.P. VILLA HERMOSA - CASMA - CASMA							DIA Y FECHA				JULIO		25		7		2025		
DIA		2																			
HORA	SENTIDO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
DIAGRA. VEH.				PICK UP	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	O	2	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
01-02	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
02-03	O	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
03-04	O	2	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	3	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
04-05	O	5	0	1	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	1	2	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05-06	O	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	5	1	5	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06-07	O	4	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	5	0	4	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07-08	O	5	0	3	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	10	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08-09	O	13	4	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	15	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
09-10	O	19	0	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
	E	24	1	4	0	0	1	0	0	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10-11	O	3	1	2	0	3	0	0	0	0	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	3	1	6	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11-12	O	11	3	5	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	3	3	2	0	2	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12-13	O	9	5	0	3	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	6	4	6	0	5	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13-14	O	14	5	3	0	4	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
	E	9	0	5	0	6	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14-15	O	5	2	2	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	11	1	6	0	4	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15-16	O	/	5	4	3	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	13	3	4	5	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16-17	O	10	2	2	3	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	18	8	5	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17-18	O	9	5	8	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	12	2	4	4	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18-19	O	16	11	5	3	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
	E	26	3	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19-20	O	19	5	5	4	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	18	7	1	0	4	0	0	0	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20-21	O	21	0	1	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	15	2	1	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21-22	O	14	/	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	/	6	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22-23	O	9	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	14	4	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23-24	O	5	1	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PARCIAL (O):		209	62	53	27	20	2	0	0	43	16	3	0	3	0	0	0	0	0	0	
PARCIAL (E):		228	30	75	12	25	1	0	0	48	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PARCIAL:		437	112	128	39	45	3	0	0	91	34	3	0	3	0	0	0	0	0	0	

FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRÁFICO

FORMATO N° 1

TRAMO DE LA CARRETERA		Calle Francisco Bolognesi						ESTACION Calle Francisco Bolognesi Progresiva 0 + 320 km															
SENTIDO		ENTRADA		O		←		SAIDA		E		→		CODIGO DE LA ESTACION			E-01						
UBICACIÓN		C.P. VILLA HERMOSA - CASMA - CASMA						DIA Y FECHA			JULIO		26		7		2025						
DIA		3																					

HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS				MICRO	BUS		CAMION			SEM TRAYLER					TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi	2 E		>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>=3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3		
DIAGRA. VEH.																						
00-01	O	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
01-02	O	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
02-03	O	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
	E	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
03-04	O	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
04-05	O	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	4	2	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
05-06	O	4	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	3	4	2	0	0	0	0	0	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
06-07	O	4	3	1	0	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	8	0	4	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
07-08	O	/	2	2	2	0	0	0	0	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	8	0	6	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
08-09	O	16	1	4	2	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	12	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
09-10	O	18	3	0	0	3	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	21	5	3	0	2	1	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
10-11	O	2	1	5	3	2	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	8	0	3	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
11-12	O	11	3	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	3	6	5	0	3	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
12-13	O	12	1	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	12	4	5	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
13-14	O	9	5	6	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	8	3	2	0	7	0	1	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
14-15	O	6	3	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	5	4	5	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
15-16	O	11	2	2	0	4	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	9	3	2	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
16-17	O	11	2	5	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	13	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
17-18	O	11	4	5	0	1	0	0	0	/	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	15	4	6	4	0	0	0	0	8	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
18-19	O	18	/	/	4	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	20	9	8	0	0	0	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
19-20	O	19	2	6	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	15	6	2	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
20-21	O	17	5	1	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	12	8	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
21-22	O	11	8	1	4	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	8	6	2	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
22-23	O	11	4	1	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	12	6	3	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
23-24	O	7	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	E	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
PARCIAL (O):		208	58	62	17	20	2	1	0	43	14	4	0	0	0	1	0	0	0	0		
PARCIAL (E):		215	76	73	15	22	1	1	0	47	16	2	0	0	0	1	0	0	0	0		
PARCIAL :		423	134	135	32	42	3	2	0	90	30	6	0	0	0	2	0	0	0	0		

FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRÁFICO

TRAMO DE LA CARRETERA		Calle Francisco Bolognesi						ESTACION Calle Francisco Bolognesi Progresiva 0 + 320 km													
SENTIDO		ENTRADA		O		←		SALIDA		E		→		CODIGO DE LA ESTACION				E-01			
UBICACIÓN		C.P. VILLA HERMOSA - CASMA - CASMA						DIA Y FECHA				JULIO		27		7		2025			
DIA		4																			
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																					
00-01	O	1	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
01-02	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
02-03	O	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
03-04	O	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
04-05	O	4	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05-06	O	6	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	3	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06-07	O	3	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	7	3	4	0	0	0	0	0	1	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07-08	O	7	0	1	2	0	0	0	0	5	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	9	0	7	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08-09	O	11	0	5	0	4	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	16	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
09-10	O	19	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	19	3	3	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10-11	O	/	5	1	0	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	3	6	6	0	0	0	0	0	3	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11-12	O	8	4	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	3	/	5	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12-13	O	14	4	3	0	1	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	11	4	6	0	4	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13-14	O	10	4	5	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	12	0	3	0	2	0	0	0	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14-15	O	5	2	/	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	11	0	6	0	4	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15-16	O	7	2	3	1	4	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	10	0	5	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16-17	O	11	4	6	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	17	4	5	1	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17-18	O	14	6	/	1	0	0	0	0	6	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	14	8	8	4	0	0	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18-19	O	16	5	/	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	26	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19-20	O	17	3	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	15	10	3	0	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
20-21	O	17	1	0	2	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	15	4	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
21-22	O	9	9	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	13	2	2	4	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22-23	O	/	5	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	10	2	7	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23-24	O	11	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	6	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PARCIAL (O):		206	58	61	15	22	2	0	0	45	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	
PARCIAL (E):		231	65	81	21	17	1	0	0	56	14	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
PARCIAL:		437	123	142	36	39	3	0	0	101	22	5	0	1	0	0	0	0	0	0	

FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRÁFICO

TRAMO DE LA CARRETERA		Calle Francisco Bolognesi						ESTACION Calle Francisco Bolognesi Progresiva 0 + 320 km											
SENTIDO		ENTRADA		O	←	SALIDA		E	→	CODIGO DE LA ESTACION				E-01					
UBICACIÓN		C.P. VILLA HERMOSA - CASMA - CASMA										JULIO		28		7		2025	
DIA		5																	

HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS			CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>=3T3	
DIAGRA. VEH.																					
00-01	O	5	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
01-02	O	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
02-03	O	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
03-04	O	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	4	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
04-05	O	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05-06	O	7	4	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	3	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06-07	O	8	0	0	0	1	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	6	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07-08	O	3	2	1	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	9	0	7	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08-09	O	12	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	12	3	5	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
09-10	O	18	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	20	1	1	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
10-11	O	6	7	2	0	2	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	7	6	4	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11-12	O	10	7	5	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	7	2	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12-13	O	13	1	5	2	0	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
	E	7	1	7	4	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
13-14	O	11	5	2	0	5	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	12	0	2	0	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14-15	O	4	4	4	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	10	0	6	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15-16	O	6	1	6	1	2	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	10	5	2	1	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
16-17	O	14	4	5	3	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
	E	16	7	8	2	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17-18	O	11	5	3	4	0	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	11	6	6	4	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
18-19	O	16	5	6	3	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	22	5	6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19-20	O	19	8	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	13	9	4	4	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20-21	O	21	6	1	4	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	15	7	2	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
21-22	O	13	5	1	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	7	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22-23	O	7	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	14	6	5	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23-24	O	9	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	6	0	4	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PARCIAL (O):		213	70	57	24	14	4	0	0	37	4	1	0	3	0	0	0	0	0	0	
PARCIAL (E):		226	70	80	23	14	1	0	0	33	5	1	0	1	0	1	0	0	0	0	
PARCIAL:		439	140	137	47	28	5	0	0	70	9	2	0	4	0	1	0	0	0	0	

FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRÁFICO

FORMATO N° 1

TRAMO DE LA CARRETERA			Calle Francisco Bolognesi							ESTACION Calle Francisco Bolognesi Progresiva 0 + 320 km											
SENTIDO			ENTRADA		O		SALIDA		E		CODIGO DE LA ESTACION				E-01						
UBICACIÓN			C.P. VILLA HERMOSA - CASMA - CASMA							DIA Y FECHA				JULIO		29		7		2025	
DIA			6																		
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER				
DIAGRA. VEH.				PICK UP 	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	O	5	5	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
01-02	O	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
02-03	O	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
03-04	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
04-05	O	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	F	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
05-06	O	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	3	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
06-07	O	3	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	8	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
07-08	O	7	3	6	0	0	0	0	0	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	5	3	8	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
08-09	O	12	0	1	0	5	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	13	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
09-10	O	15	3	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	21	0	0	0	2	0	1	0	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
10-11	O	4	1	2	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	7	5	2	1	0	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
11-12	O	11	7	6	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	7	5	6	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
12-13	O	14	6	1	0	1	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
	E	12	1	1	0	4	0	0	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	
13-14	O	11	5	5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	8	5	4	0	1	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
14-15	O	3	4	6	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	5	0	4	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
15-16	O	12	2	8	1	0	0	0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
	E	8	4	3	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
16-17	O	12	2	5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	15	7	2	2	0	1	1	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
17-18	O	14	5	4	0	0	0	0	0	7	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	16	4	4	3	1	0	0	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
18-19	O	17	5	5	0	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	24	8	5	0	1	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
19-20	O	14	6	6	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
	E	18	8	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
20-21	O	15	6	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	12	8	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
21-22	O	9	4	5	2	0	1	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	9	1	0	4	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
22-23	O	9	1	1	1	1	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
	E	14	5	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
23-24	O	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	E	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
PARCIAL (O):		203	67	68	9	12	2	0	0	33	8	7	0	4	0	1	0	0	0	0	
PARCIAL (E):		213	64	48	17	13	2	2	0	34	13	3	0	3	0	0	0	0	0	0	
PARCIAL:		416	131	116	26	25	4	2	0	67	21	10	0	7	0	1	0	0	0	0	

FORMATO DE CLASIFICACION VEHICULAR
ESTUDIO DE TRÁFICO

TRAMO DE LA CARRETERA		Calle Francisco Bolognesi							ESTACION Calle Francisco Bolognesi Progresiva 0 + 320 km											
SENTIDO		ENTRADA		O		←		SALIDA		E		→		CODIGO DE LA ESTACION			E-01			
UBICACIÓN		C.P. VILLA HERMOSA - CASMA - CASMA							DIA Y FECHA			JULIO		30		7		2025		
DIA		7																		
HORA	SENTI DO	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
DIAGRA. VEH.				PICKUP	PANEL	RURAL Combi														
00-01	O	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
01-02	O	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
02-03	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
03-04	O	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
04-05	O	5	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	1	3	4	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
05-06	O	3	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
06-07	O	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	6	4	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
07-08	O	3	3	6	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	8	0	3	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08-09	O	13	1	4	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	12	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
09-10	O	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	19	3	5	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-11	O	3	2	1	4	4	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	7	1	8	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11-12	O	8	2	1	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	4	5	7	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12-13	O	12	6	0	0	3	0	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	E	6	0	2	4	4	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13-14	O	15	9	3	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	9	0	4	0	5	0	0	0	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14-15	O	7	0	7	0	5	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	7	2	0	2	4	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-16	O	6	1	4	0	4	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	13	0	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
16-17	O	11	6	6	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	13	8	8	3	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
17-18	O	11	1	7	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	10	6	8	0	0	0	0	0	8	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
18-19	O	21	5	10	2	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	22	7	6	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19-20	O	15	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	19	6	1	0	0	0	0	0	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20-21	O	16	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	13	6	0	0	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0
21-22	O	8	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	9	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22-23	O	13	1	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	14	2	2	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23-24	O	10	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	2	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
PARCIAL (O):		209	46	67	8	25	0	0	0	34	7	1	0	1	0	0	0	0	0	0
PARCIAL (E):		203	60	66	21	13	1	0	0	61	12	1	0	1	0	2	0	0	0	0
PARCIAL:		412	106	133	29	38	1	0	0	95	19	2	0	2	0	2	0	0	0	0

7.1.2. FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIONAL

Para el cálculo del Índice Medio Diario Anual (IMDA) es necesario considerar el factor de corrección estacional, el cual debe aplicarse tanto a los vehículos livianos como a los vehículos pesados, conforme a los formatos establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), específicamente en las hojas HOJA A4.CF – Liviano y HOJA A4.CF – Pesado, respectivamente.

A partir de estos formatos, se selecciona el peaje más cercano a la zona de estudio, del cual se obtiene el valor correspondiente del factor de corrección estacional. Este valor se emplea posteriormente en el proceso de ajuste de los conteos vehiculares para determinar el IMDA con mayor precisión, reflejando así las variaciones del tráfico a lo largo del año.

Factor de Corrección de vehículos ligeros

Factores de corrección de vehículos ligeros por unidad de peaje - Promedio (2010-2020)															HOJA A4. CF - Liviano
Nº	Peaje	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total	
		Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC	Ligeros FC
1	AGUAS CALIENTES	0.9362	0.8626	1.0850	1.0925	1.1626	1.1758	0.9508	0.8846	0.9455	1.0418	1.0414	0.9899	1.0000	
2	AGUAS CLARAS	1.0020	1.0567	1.1036	1.0592	1.0095	1.0030	0.8943	0.9075	1.0128	1.0209	1.0749	0.9283	1.0000	
3	AMBO	0.9780	1.0546	1.1877	1.2770	1.0179	1.0278	0.9661	0.9541	1.0045	0.9693	0.9846	0.8615	1.0000	
4	ATICO	0.8554	0.7148	1.0360	1.0139	1.1484	1.1781	0.9965	0.9877	1.1394	1.0734	1.1453	0.8831	1.0000	
5	AYAVIRI	0.9722	0.9244	1.0735	1.0773	1.1098	1.1035	0.9469	0.9272	0.9376	1.0491	1.0215	0.9603	1.0000	
6	CAMANA	0.5958	0.4991	1.0434	1.2433	1.3825	1.4071	1.2562	1.2200	1.3018	1.2559	1.2199	0.9724	1.0000	
7	CANCAS	0.8619	0.8638	1.0755	1.1156	1.1769	1.2257	0.9733	0.9040	1.0565	1.0323	1.0284	0.8897	1.0000	
8	CARACOTO	1.0517	0.9815	1.0978	1.0548	1.0540	1.0469	0.9914	0.8786	0.9962	0.9920	0.9977	0.8907	1.0000	
9	CASARACRA	1.1057	1.1747	1.2363	1.0139	0.9312	1.0287	0.8415	0.8825	1.0603	0.9930	1.1250	0.9775	1.0000	
10	CATAC	1.0956	1.0575	1.3545	1.0628	1.0762	1.0767	0.8220	0.8684	0.9595	0.9494	1.1134	0.9559	1.0000	
11	CCASACANCHA	1.0047	1.0408	1.0824	1.0548	1.0802	1.0837	0.9767	0.9426	0.9081	0.9961	0.9756	0.9254	1.0000	
12	CHACAPAMPA	1.0446	0.9661	0.9178	1.0174	1.0405	1.1257	0.9550	0.9888	1.0378	1.0111	1.1305	1.0215	1.0000	
13	CHALHUAPUQUIO	1.1671	1.2012	1.1909	1.0566	1.0146	1.0442	0.7925	0.8346	1.0198	0.9725	1.0259	0.9319	1.0000	
14	CHICAMA	0.9671	0.9414	1.1130	1.0394	1.0773	1.0585	0.9554	1.0080	1.0731	1.0420	1.0520	0.8249	1.0000	
15	CHILCA	0.6163	0.5814	0.7890	1.0577	1.5273	1.5796	1.2842	1.4015	1.4833	1.2554	1.1876	0.7400	1.0000	
16	CHULLQUI	1.0428	1.0728	1.0509	1.0163	1.0500	0.9407	0.9832	0.9316	0.9915	0.9207	1.2832	0.8829	1.0000	
17	CHULUCANAS	1.0135	1.0695	1.1798	1.1501	1.0679	1.0398	0.9751	0.9127	0.9779	0.9474	0.9119	0.8682	1.0000	
18	CIUDAD DE DIOS	1.4832	0.9071	1.1711	1.0698	1.0027	1.0245	0.9031	0.9123	1.0735	1.0006	1.2021	0.8987	1.0000	
19	CORCONA	1.1024	1.1641	1.3033	1.0335	0.9767	1.0411	0.7767	0.8755	1.0142	1.0035	1.1663	1.0001	1.0000	
20	CRUCE BAYOVAR	0.8734	0.8855	1.1136	1.1087	1.1470	1.1828	0.8641	0.9783	1.1469	1.0024	1.0777	0.7715	1.0000	
21	CUCULI	0.9948	1.0346	1.1594	1.1180	1.1059	0.9573	0.9652	0.9185	0.9475	0.9719	0.9647	0.9955	1.0000	
22	DESIVIO OLIVOS	0.9497	1.0057	1.1672	1.1939	1.1494	1.0960	0.9411	0.8681	0.9965	0.9618	1.0119	0.8222	1.0000	
23	DESIVIO TALARA	0.8705	0.8863	1.1244	1.0840	1.1438	1.1754	0.9963	0.9874	1.1057	1.0288	1.0309	0.8166	1.0000	
24	EL FISCAL	0.9109	0.8549	1.0606	1.0601	1.0691	1.1260	0.9958	0.9853	1.0750	1.0662	1.0647	0.9479	1.0000	
25	EL PARAISO	0.9135	0.8984	1.0432	0.9974	1.1183	1.1530	0.9141	0.9811	1.0964	1.0384	1.0935	0.8747	1.0000	
26	FORTALEZA	0.8869	0.8317	1.0074	1.0227	1.1568	1.1965	0.8986	1.0119	1.1837	1.1022	1.1702	0.7936	1.0000	
27	HUACRAPUQUIO	1.1193	1.1570	1.0649	1.0486	1.1504	0.9951	0.8705	0.9487	0.9945	0.9710	1.1529	0.8270	1.0000	
28	HUARMAY	0.8816	0.9056	1.1120	1.1249	1.2557	1.2048	0.8790	0.9703	1.1483	1.0831	1.1634	0.7903	1.0000	
29	HUATAYA			2.3609	0.9600	0.8747	0.8705	0.7536	0.7578		0.7931	0.8788	0.8353	1.0000	
30	ICA	0.9310	0.8181	1.0513	1.0461	1.1642	1.1857	0.9741	1.0246	1.0994	1.0312	1.1911	1.0337	1.0000	
31	ILAVE	1.0111	0.9584	1.0360	1.0136	1.0667	1.1613	0.9700	0.7834	1.0335	1.0501	1.1248	0.9861	1.0000	
32	ILO	0.8275	0.8217	1.0112	1.0814	1.0777	1.1220	1.0989	1.0557	0.9854	1.0498	1.0303	0.9630	1.0000	
33	JAHUAY - CHINCHA	0.8291	0.8996	1.0170	0.9967	1.1373	1.1918	0.9486	1.0137	1.1321	1.0340	1.0634	0.9289	1.0000	
34	LOMA LARGA BAJA	1.0231	1.2771	1.3671	1.2848	1.1408	1.0369	0.8267	0.9064	0.9247	0.8925	0.8826	0.8752	1.0000	
35	LUNAHUANA	1.0119	1.0303	1.0475	0.9587	1.0163	1.1317	0.8233	0.9366	1.0988	0.9949	1.0780	1.0638	1.0000	
36	MACUSANI	1.0465	0.9990	1.0338	1.0944	1.0979	1.1081	0.9926	0.9493	1.0253	0.9652	1.0158	0.8879	1.0000	
37	MARCONA	0.9525	0.9039	0.9952	1.0106	1.0911	1.0595	1.0346	1.0232	1.0372	1.0290	0.9989	0.9111	1.0000	
38	MATARANI	0.4810	0.3998	0.9717	1.5343	1.7023	1.6718	1.6092	1.5584	1.5827	1.4257	1.2888	0.9119	1.0000	
39	MENOCUCHO	1.0850	0.9812	1.0500	1.0811	1.0266	1.0713	0.9585	0.9192	1.0498	1.0467	1.0452	0.8579	1.0000	
40	MOCCE	1.0115	0.9769	1.0613	1.0650	1.0408	0.9962	0.9898	0.9054	1.0213	1.0118	1.0012	0.9247	1.0000	
41	MONTALVO	0.9256	0.8896	1.0507	1.0351	1.0336	1.1014	1.0261	0.9905	1.0447	1.0608	1.0346	0.9658	1.0000	
42	MORROPE	0.9291	0.9180	1.2042	1.1140	1.1254	1.1566	0.8933	0.9593	1.0807	0.9811	1.0512	0.8016	1.0000	
43	MOYOBAMBA	1.0172	0.9993	1.0281	1.0219	0.9910	0.9724	0.9456	0.9603	1.0486	1.0817	1.1373	1.0800	1.0000	
44	NAZCA	0.9690	0.9023	1.0494	1.0595	1.0762	1.0902	0.9243	0.9306	1.0245	1.0160	1.0671	0.9918	1.0000	
45	PACANGUILLA	0.9539	0.9606	1.1189	1.1170	1.1420	1.1808	0.9622	0.9834	1.0937	0.9832	0.9979	0.7654	1.0000	
46	PACRA	1.0091	0.9570	1.0209	0.9881	1.2122	1.0758	0.8772	0.9346	1.0435	1.0345	1.0857	0.9795	1.0000	
47	PAITA	0.8362	0.8550	0.9600	1.1002	1.1329	1.1228	1.0946	1.0862	1.0113	1.0572	1.0343	0.8543	1.0000	
48	PAMPA CUELLAR	1.0268	0.8142	1.0724	1.0806	1.1616	1.1803	0.9567	0.7957	1.0641	1.0380	1.0557	0.9772	1.0000	
49	PAMPA GALERA	0.9640	1.0087	1.1311	1.1214	1.0518	1.0972	0.8190	0.7818	1.0505	1.0760	1.1323	0.9586	1.0000	
50	PAMPAMARCA	0.9412	0.9552	1.0962	1.0681	1.1301	1.1134	0.8653	0.8837	1.0188	1.0975	1.1159	0.9830	1.0000	
51	PATAHUASI	1.0505	0.9287	1.1460	1.0872	1.1085	1.1280	0.9169	0.8010	1.0421	0.9869	1.0075	0.9579	1.0000	
52	PEDRO RUIZ	0.9661	1.0279	1.1022	1.1233	1.1127	1.0515	0.9396	0.9041	0.9700	0.9832	1.0130	0.8890	1.0000	
53	PICHIRHUA	1.0465	1.0891	1.1333	1.0561	1.0383	1.0173	0.9081	0.8840	0.9812	0.9968	1.0126	0.9151	1.0000	
54	PIURA SULLANA	1.0607	1.0540	1.1688	1.0898	1.0558	1.0528	0.9697	0.9539	1.0019	0.9640	0.9557	0.8684	1.0000	
55	PLANCHON	1.0327	1.0756	1.0641	1.0613	1.0628	1.0224	0.9361	0.9131	0.9554	0.9680	1.0417	0.9385	1.0000	
56	POMAHUACA	0.9587	0.9933	1.1653	1.2213	1.1511	1.0886	0.9287	0.8481	1.0002	0.9934	1.0133	0.8296	1.0000	
57	PONGO	1.0265	1.0591	1.0560	1.0787	1.0546	1.0025	1.0750	0.9103	0.9692	0.9654	0.9778	0.9308	1.0000	
58	POZO REDONDO	0.8942	0.8240	1.0133	1.0783	1.1178	1.0895	1.0494	1.0438	1.1167	1.0579	1.0216	0.8480	1.0000	
59	PUNTA PERDIDA	0.9544	0.7922	1.0980	1.1995	1.4001	1.4069	0.8238	0.6031	1.1767	1.0628	1.2693	1.1014	1.0000	
60	QUIULLA	1.0974	1.1408	1.2315	1.0452	1.0212	1.0679	0.8140	0.8685	1.0002	1.0063	1.1046	0.9381	1.0000	
61	RUMICHACA	1.0577	0.9112	0.9934	0.9745	1.2193	1.2055	0.8748	0.8955	1.0297	1.0766	1.1671	0.9701	1.0000	
62	SAN ANTON	1.0691	1.0523	1.0689	1.1318	1.0035	1.0850	1.0541	1.0138	0.9978	0.9206	0.9981	0.8467	1.0000	
63	SAN GABAN	1.0594	1.0125	1.0893	1.1043	1.1321	1.0921	0.9727	0.8972	0.9272	0.9528	0.9512	0.9451	1.0000	
64	SAN LORENZO	1.0839	1.1914	1.1227	1.2647	1.0266	1.0376	0.8703	0.9258	0.9436	0.9610	1.0442	0.9270	1.0000	
65	SANTA LUCIA	1.0087	0.8363	1.1211	1.1106	1.1184	1.1768	0.9560							

Factores de corrección de vehículos pesados por unidad de peaje - Promedio (2010-2020)

HOJA A4. CF - Pesado

Nº	Peaje	Enero	Febr.	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
		Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC	Pesados FC
1	AGUAS CALIENTES	1.0220	0.9808	1.0324	1.0653	1.0697	1.1028	0.9678	0.9555	0.9682	0.9530	0.9599	1.0098	1.0000
2	AGUAS CLARAS	1.0412	1.0049	1.0248	1.0107	0.9905	0.9823	0.9917	0.9523	0.9768	1.0070	1.0080	1.0344	1.0000
3	AMBO	1.0087	0.9707	1.1288	1.2086	1.0139	1.0238	1.0268	1.0086	0.9899	0.9453	0.9401	0.9497	1.0000
4	ATICO	1.0337	0.9914	1.0298	1.0410	1.0342	1.0302	1.0277	0.9851	1.0265	0.9618	0.9271	0.9440	1.0000
5	AYAVIRI	1.0167	1.0038	1.0708	1.0573	1.0486	1.0366	0.9665	0.9524	0.9501	0.9638	0.9601	1.0007	1.0000
6	CAMANA	0.9513	0.8973	1.0392	1.0648	1.0702	1.0905	1.1087	0.9914	0.9997	0.9905	0.9708	0.9624	1.0000
7	CANÇAS	1.0323	0.9825	1.0400	1.0412	1.0604	1.0476	1.0117	0.9795	1.0006	0.9550	0.9461	0.9491	1.0000
8	CARACOTO	1.0343	1.0013	1.0777	1.0346	1.0568	1.0441	0.9898	0.9297	0.9572	0.9481	1.0071	0.9547	1.0000
9	CASARACRA	1.0936	1.0670	1.1094	0.9826	0.9904	0.9900	0.9969	0.9700	0.9760	0.9548	1.0373	1.0652	1.0000
10	CATAC	1.0441	1.0678	1.1999	1.0772	1.1736	0.9553	0.9446	0.9253	0.9566	0.9547	0.9810	0.9634	1.0000
11	CCASACANCHA	1.0968	1.0852	1.0957	1.0809	1.0239	0.9967	0.9386	0.9525	0.9555	0.9560	0.9332	0.9566	1.0000
12	CHACAPAMPA	1.1031	0.9998	0.9655	0.9941	1.0102	1.0186	1.0155	1.0051	0.9767	0.9556	0.9706	1.0601	1.0000
13	CHALHUAPUQUIO	1.0680	1.0692	1.0807	1.0683	1.0507	0.9933	0.9468	0.9321	0.9565	0.9463	0.9497	0.9939	1.0000
14	CHICAMA	0.9909	0.9874	1.0928	1.0708	1.0543	1.0573	1.0423	0.9933	1.0013	0.9946	0.9510	0.8799	1.0000
15	CHILCA	0.9571	0.9724	1.0203	1.0381	1.0583	1.0539	1.0372	0.9948	0.9992	0.9880	0.9652	0.9396	1.0000
16	CHULLQUI	0.9571	0.9658	1.0534	1.0776	1.0809	1.0402	1.0171	0.9865	0.9731	0.9169	1.2400	0.9257	1.0000
17	CHULLUCANAS	0.9884	0.9682	1.1388	1.1641	1.0933	1.0508	1.0256	0.9679	0.9628	0.9205	0.8943	0.9220	1.0000
18	CIUDAD DE DIOS	1.4397	0.9383	1.1026	0.9966	0.9637	1.0342	1.0428	1.0261	1.0414	0.9841	0.9930	0.9649	1.0000
19	CORCONA	1.0985	1.0709	1.1124	0.9593	0.9674	0.9840	0.9816	0.9627	0.9804	0.9767	1.0641	1.0861	1.0000
20	CRUCE BAYOVAR	0.9845	0.9606	1.0584	1.0655	1.0311	1.0361	1.0157	0.9821	1.0167	0.9774	0.9231	0.9028	1.0000
21	CUCULI	0.9424	1.0419	1.2043	1.1560	1.0848	0.9783	0.9812	0.9398	0.9207	0.9302	0.9384	1.0749	1.0000
22	DESIVIO OLMOS	1.0470	1.0401	1.0986	1.0775	1.0393	1.0176	0.9898	0.9217	0.9405	0.9579	0.9500	0.9817	1.0000
23	DESIVIO TALARA	1.0063	0.9722	1.0418	1.0405	1.0343	1.0196	1.0721	0.9782	0.9984	0.9792	0.9631	0.9516	1.0000
24	EL FISCAL	0.9889	0.9326	1.0201	1.0355	1.0216	1.0855	1.0665	1.0209	1.0150	0.9799	0.9618	0.9819	1.0000
25	EL PARAISO	1.0084	0.9860	1.0607	1.0471	1.0250	1.0153	1.0105	0.9788	0.9973	0.9801	0.9625	0.9429	1.0000
26	FORTALEZA	0.9938	0.9560	1.0154	1.0346	1.0384	1.3018	1.0249	0.9743	0.9948	0.9789	0.9539	0.9356	1.0000
27	HUACRAPUQUIO	1.0850	1.1264	1.0529	1.0465	1.1603	1.0254	0.9226	0.9778	0.9218	0.9085	1.1194	0.9334	1.0000
28	HUARMAY	1.0456	1.0252	1.1132	1.1416	1.1272	1.0303	0.9991	0.9554	0.9757	0.9617	0.9397	0.9169	1.0000
29	HUATAYA	0.9911	0.9493	1.0440	1.0283	1.0670	1.0747	1.0593	0.9907	0.9632	0.9523	1.0104	1.0032	1.0000
30	ICA	1.0136	0.9470	0.9822	1.0245	1.0245	1.0346	1.0466	0.8667	1.0477	1.0417	1.0885	1.0638	1.0000
31	ILAVE	1.0476	1.0169	1.0590	0.9766	0.9992	1.0420	1.0373	1.0284	0.9669	0.9802	0.9728	0.9625	1.0000
32	ILO	0.9858	1.0162	1.0441	1.0554	1.0544	1.0480	1.0262	0.9755	0.9777	0.9697	0.9511	0.9478	1.0000
33	JAHUAY - CHINCHA	0.9981	1.1016	1.1995	1.2276	1.1103	1.0823	0.9596	0.9761	0.9483	0.9331	0.8987	0.8944	1.0000
34	LOMA LARGA BAJA	1.1095	1.0967	1.0541	1.0430	0.9971	1.0739	1.0009	0.9482	0.9827	0.9329	0.9403	0.9907	1.0000
35	LUNAHUANA	1.0895	1.0802	1.0669	1.0219	1.0756	1.0209	1.1741	0.9353	0.9179	0.9386	0.9390	0.9983	1.0000
36	MACUSANI	1.0430	1.0013	0.9583	1.0297	1.1134	1.0444	1.0480	1.0472	1.0260	0.9629	0.9465	0.9320	1.0000
37	MARCONA	0.9673	0.8698	1.0297	1.0802	1.0637	1.0279	1.0254	1.0446	0.9884	0.9950	0.9822	0.9819	1.0000
38	MATARANI	1.0933	1.0653	1.1421	1.0364	0.9913	0.9622	0.9505	0.9625	0.9785	0.9841	0.9862	1.0148	1.0000
39	MENOCUCHO	0.9510	0.9816	1.0770	1.1377	1.0767	0.9655	1.0381	0.9850	0.9950	0.9641	0.9558	0.9435	1.0000
40	MOCCE	0.9754	0.9558	1.0155	1.0254	1.0095	1.0844	1.0785	1.0275	1.0167	0.9888	0.9674	0.9800	1.0000
41	MONTALVO	0.9854	0.9645	1.0770	1.0663	1.0358	1.0336	1.0257	1.0003	1.0155	0.9853	0.9451	0.9179	1.0000
42	MORROPPE	1.0123	0.9812	1.0120	1.0299	1.0077	0.9903	1.0012	0.9653	0.9861	1.0086	1.0129	1.0379	1.0000
43	MUYOBAMBA	1.0562	1.0098	1.0329	1.0328	1.0325	1.0269	1.0128	0.9732	0.9609	0.9602	0.9275	1.0491	1.0000
44	NATZA	1.0060	0.9827	1.0858	1.0969	1.0766	1.0798	1.0941	1.0166	0.9911	0.9429	0.9142	0.8905	1.0000
45	PACANGUILLA	1.0832	1.0100	1.0286	1.0364	1.1083	1.0029	0.9686	0.9412	0.9706	0.9520	0.9859	0.9960	1.0000
46	PACRA	1.0637	0.9986	1.0332	1.1742	1.1086	1.0719	1.1384	1.0669	0.9588	0.9183	0.8559	0.9255	1.0000
47	PAITA	1.1081	1.0770	1.0639	1.0083	1.1112	1.0845	0.9918	0.9561	0.9589	0.8916	0.9121	0.9504	1.0000
48	PAMPA CUELLAR	1.1056	1.0973	1.0952	1.0658	1.0378	1.0205	0.9472	0.9311	0.9550	0.9441	0.9360	0.9479	1.0000
49	PAMPAMARCA	1.0833	1.0608	1.0800	1.0714	1.0640	1.0321	0.9519	0.9426	0.9317	0.9501	0.9398	0.9688	1.0000
50	PATAHUASI	1.0668	1.0418	1.0805	1.0643	1.0616	1.0569	1.0065	0.9440	0.9475	0.9036	0.9309	0.9274	1.0000
51	PEDRO RUIZ	1.0361	1.0163	1.0483	1.0529	1.0166	0.9901	0.9000	0.9413	0.9610	0.9787	0.9826	1.0212	1.0000
52	PICHIRHUA	1.0936	1.0887	1.1081	1.0925	1.0545	1.0256	0.9460	0.9321	0.9383	0.9460	0.9298	0.9399	1.0000
53	PIURA SULLANA	1.0571	1.0402	1.1277	1.0518	1.0405	1.0119	1.0179	0.9763	0.9950	0.9755	0.9427	0.9189	1.0000
54	PLANCON	1.3722	1.2585	1.1075	1.1700	1.0496	1.0154	0.9275	0.8807	0.8567	0.8959	0.9614	1.0233	1.0000
55	POMAHUACA	1.0674	1.0301	1.1158	1.1109	1.0645	1.0235	0.9882	0.9203	0.9522	0.9370	0.9332	0.9668	1.0000
56	PONGO	1.1145	1.0702	1.0868	1.0354	0.9963	0.9774	1.0443	0.9020	0.9205	0.9680	0.9712	1.0669	1.0000
57	POZO REDONDO	1.0157	0.9826	1.0195	1.0517	1.0534	1.0459	1.0140	0.9923	1.0345	1.0012	0.9435	0.8997	1.0000
58	PUNTA PERDIDA	1.1180	1.1218	1.0774	1.0165	1.2427	1.1333	1.0120	0.9370	0.9279	0.8749	0.9204	0.9490	1.0000
59	QUIJILLA	1.1367	1.0810	1.0874	0.9355	0.9314	0.9736	0.9528	0.9488	0.9841	1.0038	1.1007	1.1109	1.0000
60	RUMICHACA	1.0807	1.0122	1.0302	1.0888	1.0366	1.0099	0.9690	0.9188	0.9654	0.9569	1.0013	0.9972	1.0000
61	SAN ANTON	1.1667	1.0854	1.0965	1.0303	1.0316	1.0426	1.0281	0.9802	0.9333	0.9279	0.9890	0.9485	1.0000
62	SAN GABAN	1.1273	1.0635	1.1206	1.0840	1.1029	1.0740	1.1605	0.8976	0.8572	0.9080	0.9421	1.0128	1.0000
63	SAN LORENZO	1.6588	1.5639	1.3338	1.4442	1.0532	1.0350	0.9249	0.9112	0.8771	0.8164	0.8616	0.9665	1.0000
64	SANTA LUCIA	1.0356	1.0069	1.0716	1.0685	1.0621	1.0856	1.0229	0.9381	0.9411	0.9138	0.9453	0.9392	1.0000
65	SAYLLA	1.0693	1.0277	1.0743	1.0610	1.0379	1.0317	0.9662	0.9474	0.9472	0.9579	0.9470	0.9774	1.0000
66	SERPENTIN DE PASAM	0.9940	1.0077	1.0623	1.0455	1.0254	1.0171	1.0086	0.9839	0.9921	0.9743	0.9582	0.9488	1.0000
67														

7.1.3. TASA ANUAL DE CRECIMIENTO DE VEHICULOS Y PROYECCION

Del formato A5.TC, establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), se obtienen los valores de las tasas de crecimiento anual correspondientes a vehículos ligeros y vehículos pesados. Estas tasas permiten proyectar el incremento del tránsito vehicular a lo largo del periodo de análisis, garantizando una estimación más precisa del comportamiento futuro del flujo vehicular en la zona de estudio.

Tasa de crecimiento anual para vehículos ligeros y pesados.

Tasas para la Proyección de la Demanda		FORMATO A5.TC	
Tasa de Crecimiento Anual de Vehículos Ligeros		Tasa de Crecimiento Anual de Vehículos Pesados	
Amazonas.	1.12%	Amazonas.	2.69%
Ancash.	2.33%	Ancash.	1.49%
Apurímac.	1.13%	Apurímac.	4.50%
Arequipa.	2.90%	Arequipa.	2.97%
Ayacucho.	1.83%	Ayacucho.	2.90%
Cajamarca.	3.05%	Cajamarca.	1.45%
Cusco.	2.77%	Cusco.	3.07%
Huancavelica.	1.17%	Huancavelica.	2.00%
Huánuco.	1.94%	Huánuco.	3.03%
Ica.	1.10%	Ica.	2.62%
Junín.	2.04%	Junín.	2.84%
La Libertad.	2.61%	La Libertad.	2.21%
Lambayeque.	2.40%	Lambayeque.	2.54%
Lima Provincias.	2.61%	Lima Provincias.	2.34%
Loreto.	0.12%	Loreto.	1.48%
Madre de Dios.	2.22%	Madre de Dios.	1.38%
Moquegua.	1.97%	Moquegua.	0.58%
Pasco.	1.72%	Pasco.	0.39%
Piura.	2.38%	Piura.	2.37%
Puno.	2.47%	Puno.	2.58%
San Martín.	2.11%	San Martín.	2.88%
Tacna.	2.13%	Tacna.	2.36%
Tumbes.	0.81%	Tumbes.	2.40%
Ucayali.	1.73%	Ucayali.	2.25%

Información al 2022, sin contar las distorsiones estadísticas provocadas por el impacto económico de la COVID 19
 Nota: Los valores presentados, son susceptibles a ser actualizados periódicamente por la OPMI-MTC, sin incurrir en actualización de la Ficha Técnica Estándar.

Se obtiene:

Tasa anual de crecimiento Vehículos Livianos	r	2.33%
Tasa anual de crecimiento Vehículos Pesados	r	1.49%
Tiempo	n	1.50

7.1.4. CALCULO DE IMDS (INDICE MEDIO DIARIO SEMANAL) Y IMDA (INDICE MEDIO DIARIO ANUAL)

FORMATO DE CALCULO DE IMDS y IMDA
ESTUDIO DE TRÁFICO

TRAMO DE LA CARRETERA	Calle Francisco Bolognesi			
SENTIDO	ENTRADA	O ←	SAIDA	E →
UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA - CASMA			
FACTOR DE CORRECCIÓN ESTACIONAL	VEHICULOS LIGEROS	1.0065		
	VEHICULOS PESADOS	1.0534		

AÑO DE ESTUDIO	Jul-25	AÑO DE PROYECCION	Dic-26
----------------	--------	-------------------	--------

DIA		AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			SEMI TRAYLER				TRAYLER			
				PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>= 3 E	2 E	3 E	4 E	2S1/2S2	2S3	3S1/3S2	>= 3S3	2T2	2T3	3T2	>= 3T3
24-Jul	O	212	61	59	15	14	2	0	0	38	5	1	0	1	0	1	0	0	0	0
	E	217	59	62	15	16	0	0	0	55	11	3	0	1	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	429	120	121	30	30	2	0	0	93	16	4	0	2	0	1	0	0	0	0
25-Jul	O	209	62	53	27	20	2	0	0	43	16	3	0	3	0	0	0	0	0	0
	E	228	50	75	12	25	1	0	0	48	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	437	112	128	39	45	3	0	0	91	34	3	0	3	0	0	0	0	0	0
26-Jul	O	208	58	62	17	20	2	1	0	43	14	4	0	0	0	1	0	0	0	0
	E	215	76	73	15	22	1	1	0	47	16	2	0	0	0	1	0	0	0	0
	TOTAL	423	134	135	32	42	3	2	0	90	30	6	0	0	0	2	0	0	0	0
27-Jul	O	206	58	61	15	22	2	0	0	45	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0
	E	231	65	81	21	17	1	0	0	56	14	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	437	123	142	36	39	3	0	0	101	22	5	0	1	0	0	0	0	0	0
28-Jul	O	213	70	57	24	14	4	0	0	37	4	1	0	3	0	0	0	0	0	0
	E	226	70	80	23	14	1	0	0	33	5	1	0	1	0	1	0	0	0	0
	TOTAL	439	140	137	47	28	5	0	0	70	9	2	0	4	0	1	0	0	0	0
29-Jul	O	203	67	68	9	12	2	0	0	33	8	7	0	4	0	1	0	0	0	0
	E	213	64	48	17	13	2	2	0	34	13	3	0	3	0	0	0	0	0	0
	TOTAL	416	131	116	26	25	4	2	0	67	21	10	0	7	0	1	0	0	0	0
30-Jul	O	209	46	67	8	25	0	0	0	34	7	1	0	1	0	0	0	0	0	0
	E	203	60	66	21	13	1	0	0	61	12	1	0	1	0	2	0	0	0	0
	TOTAL	412	106	133	29	38	1	0	0	95	19	2	0	2	0	2	0	0	0	0
IMDS	O	208.57	60.29	61.00	16.43	18.14	2.00	0.14	0.00	39.00	8.86	3.00	0.00	1.71	0.00	0.43	0.00	0.00	0.00	0.00
	E	219.00	63.43	69.29	17.71	17.14	1.00	0.43	0.00	47.71	12.71	1.57	0.00	1.00	0.00	0.57	0.00	0.00	0.00	0.00
	TOTAL	427.57	123.72	130.29	34.14	35.28	3.00	0.57	0.00	86.71	21.57	4.57	0.00	2.71	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00
IMDa	O	209.93	60.68	61.40	16.54	18.26	2.01	0.15	0.00	41.08	9.33	3.16	0.00	1.80	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00
	E	220.42	63.84	69.74	17.83	17.25	1.01	0.45	0.00	50.26	13.39	1.65	0.00	1.05	0.00	0.60	0.00	0.00	0.00	0.00
	TOTAL	430.35	124.52	131.14	34.36	35.51	3.02	0.60	0.00	91.34	22.72	4.81	0.00	2.85	0.00	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00
PARCIAL:		431	125	132	35	36	4	1	0	92	23	5	0	3	0	2	0	0	0	0

Tasa anual de crecimiento Vehículos Livianos	r	2.33%
Tasa anual de crecimiento Vehículos Pesados	r	1.49%
Tiempo	n	1.50

CALCULO DE IMDA (AÑO DE EJECUCION PROYECTADO):

PARCIAL:	435.99	126.45	133.53	35.41	36.42	4.05	1.01	0.00	92.68	23.17	5.04	0.00	3.02	0.00	2.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
----------	--------	--------	--------	-------	-------	------	------	------	-------	-------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

7.1.5. CALCULO DE ESAL PARA METODO AASHTO 93 Y MECANISTICO

EMPIRICO MEPDG

	TIPO DE VEHICULO		TIPO DE EJE	N° DE NEUMATICOS	EJES DE CARGA (TON)	EJES EQUIVALENTES (EE)	IMDA	EE	
VEHICULOS LIGEROS	AUTO		SIMPLE	2	1	0.000527017	435.99	0.229775	
			SIMPLE	2	1	0.000527017	435.99	0.229775	
	STATION WAGON		SIMPLE	2	1	0.000527017	126.45	0.066640	
			SIMPLE	2	1	0.000527017	126.45	0.066640	
	CAMIONETAS	PICK UP	SIMPLE	2	1	0.000527017	133.53	0.070372	
			SIMPLE	2	1	0.000527017	133.53	0.070372	
		PANEL	SIMPLE	2	1	0.000527017	35.41	0.018659	
			SIMPLE	2	1	0.000527017	35.41	0.018659	
		RURAL Combi	SIMPLE	2	1	0.000527017	36.42	0.019192	
			SIMPLE	2	1	0.000527017	36.42	0.019192	
	MICRO			SIMPLE	2	1	0.000527017	4.05	0.002132
				SIMPLE	2	1	0.000527017	4.05	0.002132
VEHICULOS PESADOS	BUS	2 E	SIMPLE	2	7	1.265366749	1.01	1.274759	
			SIMPLE	4	11	3.238286961	1.01	3.262323	
		>=3 E	SIMPLE	2	7	1.265366749	0.00	0.000000	
			TANDEM	6	16	1.365944548	0.00	0.000000	
	CAMION	2 E	SIMPLE	2	7	1.265366749	92.68	117.277816	
			SIMPLE	4	11	3.238286961	92.68	300.133716	
		3 E	SIMPLE	2	7	1.265366749	23.17	29.319454	
			TANDEM	8	18	2.019213454	23.17	46.786622	
		4 E	SIMPLE	2	7	1.265366749	5.04	6.373794	
			TRIDEM	10	23	1.508183597	5.04	7.596890	
	SEMI TRAYLER	2S1/2S2	SIMPLE	2	7	1.265366749	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.238286961	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.238286961	0.00	0.000000	
		2S3	SIMPLE	2	7	1.265366749	3.02	3.824277	
			SIMPLE	4	11	3.238286961	3.02	9.786969	
			TRIDEM	12	25	1.706026248	3.02	5.156067	
		3S1/3S2	SIMPLE	2	7	1.265366749	0.00	0.000000	
			TANDEM	8	18	2.019213454	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.238286961	0.00	0.000000	
		>= 3S3	SIMPLE	2	7	1.265366749	2.01	2.549518	
			TANDEM	8	18	2.019213454	2.01	4.068402	
			TRIDEM	12	25	1.706026248	2.01	3.437378	
	TRAYLER	2T2	SIMPLE	2	7	1.265366749	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.238286961	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.238286961	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.238286961	0.00	0.000000	
		2T3	SIMPLE	2	7	1.265366749	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.238286961	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.238286961	0.00	0.000000	
			TANDEM	8	18	2.019213454	0.00	0.000000	
		3T2	SIMPLE	2	7	1.265366749	0.00	0.000000	
			TANDEM	8	18	2.019213454	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.238286961	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.238286961	0.00	0.000000	
		>=3T3	SIMPLE	2	7	1.265366749	0.00	0.000000	
			TANDEM	8	18	2.019213454	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.238286961	0.00	0.000000	
			TANDEM	8	18	2.019213454	0.00	0.000000	
				EJES EQUIVALENTES					541.6615

Ejes Equivalentes (EE)	EE	541.6615
Tasa anual de crecimiento Vehiculos Pesados	r	1.49%
Tiempo de vida util de pavimento (años)	n	20
Factor Fca Vehiculos Pesados	Fca	23.10091192
Factor Direccional x Factor Carril (Fd x Fc)	Fd x Fc	0.5
N° dias al año	N°	365
	ESAL	2283599.73

$$ESAL = 2\ 283\ 599.73\ EE$$

7.1.6. CALCULO DE EAL PARA METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

	TIPO DE VEHICULO		TIPO DE EJE	N° DE NEUMATICOS	EJES DE CARGA (TON)	FACTOR DE EQUIVALENCIA DE CARGA	IMDA	EE	
VEHICULOS LIGEROS	AUTO		SIMPLE	2	1	0.000392222	435.99	0.171006	
			SIMPLE	2	1	0.000392222	435.99	0.171006	
	STATION WAGON		SIMPLE	2	1	0.000392222	126.45	0.049596	
			SIMPLE	2	1	0.000392222	126.45	0.049596	
	CAMIONETAS	PICK UP	SIMPLE	2	1	0.000392222	133.53	0.052373	
			SIMPLE	2	1	0.000392222	133.53	0.052373	
		PANEL	SIMPLE	2	1	0.000392222	35.41	0.013887	
			SIMPLE	2	1	0.000392222	35.41	0.013887	
		RURAL Combi	SIMPLE	2	1	0.000392222	36.42	0.014284	
			SIMPLE	2	1	0.000392222	36.42	0.014284	
MICRO		SIMPLE	2	1	0.000392222	4.05	0.001587		
		SIMPLE	2	1	0.000392222	4.05	0.001587		
VEHICULOS PESADOS	BUS	2 E	SIMPLE	2	7	0.535333333	1.01	0.539307	
			SIMPLE	4	11	3.147777778	1.01	3.171142	
		>=3 E	SIMPLE	2	7	1.265366749	0.00	0.000000	
			TANDEM	6	16	1.285000000	0.00	0.000000	
	CAMION	2 E	SIMPLE	2	7	0.535333333	92.68	49.616227	
			SIMPLE	4	11	3.147777778	92.68	291.745065	
		3 E	SIMPLE	2	7	0.535333333	23.17	12.404057	
			TANDEM	8	18	2.037777778	23.17	47.216771	
		4 E	SIMPLE	2	7	0.535333333	5.04	2.696534	
			TRIDEM	10	23	1.290000000	5.04	6.497875	
		SEMI TRAYLER	2S1/2S2	SIMPLE	2	7	0.535333333	0.00	0.000000
				SIMPLE	4	11	3.147777778	0.00	0.000000
	SIMPLE			4	11	3.147777778	0.00	0.000000	
	2S3		SIMPLE	2	7	0.535333333	3.02	1.617920	
			SIMPLE	4	11	3.147777778	3.02	9.513426	
			TRIDEM	12	25	1.798888889	3.02	5.436723	
	3S1/3S2		SIMPLE	2	7	0.535333333	0.00	0.000000	
			TANDEM	8	18	2.037777778	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.147777778	0.00	0.000000	
	>= 3S3		SIMPLE	2	7	0.535333333	2.01	1.078614	
			TANDEM	8	18	2.037777778	2.01	4.105806	
			TRIDEM	12	25	1.798888889	2.01	3.624482	
	TRAYLER	2T2	SIMPLE	2	7	0.535333333	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.147777778	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.147777778	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.147777778	0.00	0.000000	
		2T3	SIMPLE	2	7	0.535333333	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.147777778	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.147777778	0.00	0.000000	
			TANDEM	8	18	2.037777778	0.00	0.000000	
		3T2	SIMPLE	2	7	0.535333333	0.00	0.000000	
			TANDEM	8	18	2.037777778	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.147777778	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.147777778	0.00	0.000000	
		>=3T3	SIMPLE	2	7	0.535333333	0.00	0.000000	
			TANDEM	8	18	2.037777778	0.00	0.000000	
			SIMPLE	4	11	3.147777778	0.00	0.000000	
			TANDEM	8	18	2.037777778	0.00	0.000000	
				EJES EQUIVALENTES					439.8694

Ejes Equivalentes (EE)	EE	439.8694
Tasa anual de crecimiento Vehiculos Pesados	r	1.49%
Tiempo de vida util de pavimento (años)	n	20
Factor de Crecimiento	Fca	23.10091192
Carril de Diseño	Cd	0.5
Factor de Ajuste	FA	1.375
N° dias al año	N°	365
	ESAL	2549872.44
	ESAL	2.5E+06

$$EAL = 2.5 \times 10^6 \text{ EE}$$

7.2. ANEXO 2. ENSAYOS DE LABORATORIO

7.2.1. ANEXO 2.1. ENSAYOS DE SUBRASANTE

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-01	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-0, M1	FECHA DE ENSAYO	15/08/2025
COORDENADAS	17 L 796934 8953166	PROFUNDIDAD	-1.50 m

1. PERFIL ESTRATIGRAFICOS:

REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad Total (metros)	Espesor de Estrato (metros)	Tipo de Excavación	Tipo de Extracción	Muestras Obtenidas	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (%)	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO
-1.50	0.25	CALICATA	MUESTRA A CIELO ABIERTO	M-0		Presencia de material conformado por gravas con arena - afirmado	---	---	---	---	---
	1.25			M1		ARENA MAL GRADUADA: Estrato formado por arena mal graduadas, con poca presencia de grava y finos, contiene más porcentaje en arenas no presenta plasticidad. EL color predominante es el beige claro Se obtuvo: 0.66 % de gravas 96.80 % de arenas 2.54 % de finos	SP	A-3-(0)	0.30%	N.P.	N.P.



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
 Jefe de Laboratorio
 Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

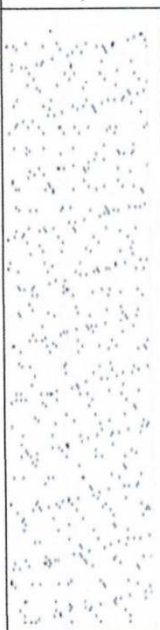


Bach. Javier Ramos Paredes
 Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-02	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-0, M1	FECHA DE ENSAYO	15/08/2025
COORDENADAS	17 L 797020 8953449	PROFUNDIDAD	-1.50 m

1. PERFIL ESTRATIGRAFICOS:

REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad Total (metros)	Espesor de Estrato (metros)	Tipo de Excavación	Tipo de Extracción	Muestras Obtenidas	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (%)	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO
-1.50	0.30	CALICATA	MUESTRA A CIELO ABIERTO	M-0		Presencia de material conformado por gravas con arena - afirmado	---	---	---	---	---
	1.20			M1		ARENA MAL GRADUADA: Estrato formado por arena mal graduadas, con poca presencia de grava y finos, contiene más porcentaje en arenas no presenta plasticidad. EL color predominante es el beige claro Se obtuvo: 2.10 % de gravas 94.85 % de arenas 3.06 % de finos	SP	A-3(0)	0.26%	N.P.	N.P.

Ms. Julio César Rivasplata Díaz
 Jefe de Laboratorio

Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

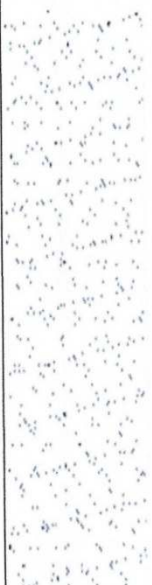
Bach. Javier Ramos Paredes

Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-03	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-0, M1	FECHA DE ENSAYO	27/08/2025
COORDENADAS	17 L 796808 8953657	PROFUNDIDAD	-1.50 m

1. PERFIL ESTRATIGRAFICOS:

REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad Total (metros)	Espesor de Estrato (metros)	Tipo de Excavación	Tipo de Extracción	Muestras Obtenidas	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (%)	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO
1.50	0.25	CALICATA	MUESTRA A CIELO ABIERTO	M-0		Presencia de material conformado por gravas con arena - afirmado	---	---	---	---	---
	1.25			M1		ARENA MAL GRADUADA: Estrato formado por arena mal graduadas, con poca presencia de grava y finos, contiene más porcentaje en arenas no presenta plasticidad. EL color predominante es el beige claro Se obtuvo: 0.69 % de gravas 94.66 % de arenas 4.65 % de finos	SP	A-3-(0)	0.44%	N.P.	N.P.


Ms. Julio César Rivasplata Díaz
 Jefe de Laboratorio
 Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil


Bach. Javier Ramos Paredes
 Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-04	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M1	FECHA DE ENSAYO	27/08/2025
COORDENADAS	17 L 796693 8953778	PROFUNDIDAD	-1.50 m

1. PERFIL ESTRATIGRAFICOS:

REGISTRO DE SONDAJE

Profundidad Total (metros)	Espesor de Estrato (metros)	Tipo de Excavación	Tipo de Extracción	Muestras Obtenidas	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)	CLASIFICACIÓN (AASHTO)	HUMEDAD (%)	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLASTICO
-1.50	1.50	CALICATA	MUESTRA A CIELO ABIERTO	M1		ARENA MAL GRADUADA: Estrato formado por arena mal graduadas, con poca presencia de grava y finos, contiene más porcentaje en arenas no presenta plasticidad. EL color predominante es el beige claro Se obtuvo: 1.41 % de gravas 93.76 % de arenas 4.83 % de finos	SP	A-3-(0)	0.40%	N.P.	N.P.



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
 Jefe de Laboratorio
 Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Bach. Javier Ramos Paredes
 Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

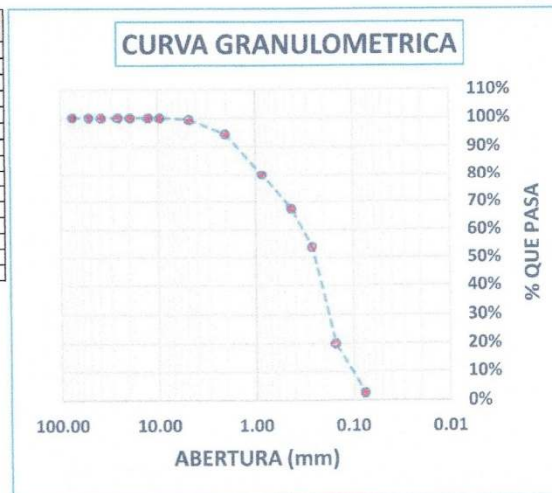
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-01	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	10/09/2025
COORDENADAS	17 L 796934 8953166	PROFUNDIDAD	(0.25 – 1.50) m.

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 / ASTM – D6913)

PESO INICIAL SECO (gr)		1546.80				
TAMICES	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
2"	50.800	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
1"	25.400	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
3/4"	19.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
1/2"	12.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
3/8"	9.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
N° 4	4.750	10.20	0.66%	0.66%	99.34%	
N° 10	2.000	77.00	4.98%	5.64%	94.36%	
N° 20	0.850	226.70	14.66%	20.29%	79.71%	
N° 40	0.425	192.60	12.45%	32.75%	67.25%	
N° 60	0.250	209.50	13.54%	46.29%	53.71%	
N° 100	0.150	525.20	33.95%	80.24%	19.76%	
N° 200	0.075	266.30	17.22%	97.46%	2.54%	
PASANTE		39.30	2.54%	100.00%	0.00%	

Coefficiente de uniformidad y curvatura

D_{15}	0.107
D_{30}	0.183
D_{60}	0.337
C_u	3.132
C_c	0.927



2. LIMITES DE CONSISTENCIA

A) LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 / ASTM – D4318)

MUESTRA	1	2	3
N° CONTENEDOR			
PESO DE CONTENEDOR + SUELO HUMEDO			
PESO DE CONTENEDOR + SUELO SECO			
PESO DE CONTENEDOR			
PESO DE AGUA			
PESO DE SUELO SECO			
CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° DE GOLPES			

NO PRESENTA

B) LIMITE PLASTICO (MTC E 111 / ASTM – D4318)

MUESTRA	1	2
N° CONTENEDOR		
PESO DE CONTENEDOR + SUELO HUMEDO		
PESO DE CONTENEDOR + SUELO SECO		
PESO DE CONTENEDOR		
PESO DE AGUA		
PESO DE SUELO SECO		
CONTENIDO DE HUMEDAD		

NO PLASTICO



3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108)

MUESTRA	1	2	3
N° CONTENEDOR	C1/M1 (1)	C1/M1 (2)	C1/M1 (3)
PESO DE CONTENEDOR + SUELO HUMEDO (gr)	155.467	146.059	147.116
PESO DE CONTENEDOR + SUELO SECO (gr)	155.073	145.702	146.762
PESO DE CONTENEDOR (gr)	27.566	26.516	26.658
PESO DE AGUA (gr)	0.394	0.357	0.354
PESO DE SUELO SECO (gr)	127.507	119.186	120.104
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0.31%	0.30%	0.29%
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		0.30%	

RESUMEN	
Grava (No. 4 < Diam < 3")	0.66%
Arena (No. 200 < Diam < No. 4)	96.80%
Finos (Diam < No. 200)	2.54%
Límite Líquido	N.P
Límite Plástico	N.P
Índice de Plasticidad	N.P
Contenido de Humedad	0.30%
Clasificación AASHTO	A-3 (0)
Clasificación SUCS	SP

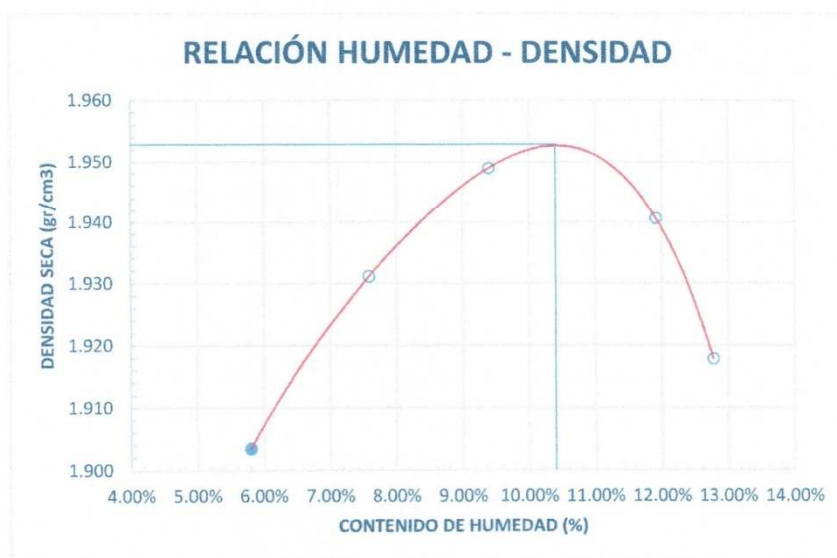
Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Jefe de Laboratorio
Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Bach. Javier Ramos Paredes
Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-01	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	10/09/2025
COORDENADAS	17 L 796934 8953166	PROFUNDIDAD	(0.25 – 1.50) m.

1. ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E-115) – MÉTODO A

MUESTRA	1	2	3	4	5
MASA DE SUELO + MOLDE (g)	6003.30	6063.10	6114.30	6151.60	6143.20
MASA DE MOLDE (g)	4112.30	4112.30	4112.30	4112.30	4112.30
MASA DE SUELO(g)	1891.00	1950.80	2002.00	2039.30	2030.90
VOLUMEN DE MOLDE (cm3)	939.00	939.00	939.00	939.00	939.00
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3)	2.014	2.078	2.132	2.172	2.163
N° DE CONTENEDOR	C1/M1 - (1)	C1/M1 - (2)	C1/M1 - (3)	C1/M1 - (4)	C1/M1 - (5)
MASA DE SUELO HUMEDO + TARA (g)	119.509	120.261	108.033	112.077	117.596
MASA DE SUELO SECO + TARA (g)	114.412	113.661	101.045	103.013	107.411
MASA DE TARA (g)	26.533	26.643	26.674	26.918	27.681
MASA DE AGUA (g)	5.097	6.600	6.988	9.064	10.185
MASA DE SUELO SECO (g)	87.879	87.018	74.371	76.095	79.730
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.80%	7.58%	9.40%	11.91%	12.77%
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.903	1.931	1.949	1.941	1.918
DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)				1.953	
HUMEDAD OPTIMA (%)				10.40%	




Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Jefe de Laboratorio
Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Bach. Javier Ramos Paredes
Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional
de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-01	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	18/09/2025
COORDENADAS	17 L 796934 8953166	PROFUNDIDAD	(0.25 – 1.50) m.

1. RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) (MTC E-132 / ASTM-D1883)

ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

TAMIZ	N° 10 (%)		N° 40 (%)	N° 200 (%)	ENSAYO DE COMPACTACIÓN		
PASA %	94.36%		67.25%	2.54%	METODO	DENSIDAD MAXIMA	HUMEDAD OPTIMA
LL/IP	NP	NP	CLASIFICACIÓN	SUCS: SP	AASHTO: A-3 (0)	1.953 gr/cm ³	10.40%

MOLDE N°	1		2		3	
ALTURA MOLDE	17.78		17.78		17.78	
DIAMETRO MOLDE	15.24		15.24		15.24	
ALTURA DISCO ESPACIADOR	6.14		6.14		6.14	
DIAMETRO DISCO ESPACIADOR	15.24		15.24		15.24	
CAPAS N°	5		5		5	
N° GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE LA MUESTRA	ANTES DE MOJARSE	DESPUES DE MOJARSE	ANTES DE MOJARSE	DESPUES DE MOJARSE	ANTES DE MOJARSE	DESPUES DE MOJARSE
PESO HUMEDO DE LA PROBETA + MOLDE (g)	11710.70	11841.28	11477.30	11638.11	10960.90	11143.00
PESO DE MOLDE (g)	7122.50	7122.50	7122.50	7122.50	7122.50	7122.50
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4588.20	4718.78	4354.80	4515.61	3838.40	4020.50
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2123.31	2123.31	2123.31	2123.31	2123.31	2123.31
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.161	2.222	2.051	2.127	1.808	1.894
RECIPIENTE N°	C1/M1 - 1	C1/M1 - 2	C1/M1 - 3	C1/M1 - 4	C1/M1 - 5	C1/M1 - 6
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO (g)	114.485	105.162	95.657	119.722	105.215	138.740
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	106.155	96.087	89.122	107.428	97.814	123.208
PESO DEL RECIPIENTE (g)	26.533	27.611	26.159	26.659	26.621	26.791
PESO DEL AGUA (g)	8.330	9.075	6.535	12.294	7.401	15.532
PESO DEL SUELO SECO (g)	79.622	68.476	62.963	80.769	71.193	96.417
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.46%	13.25%	10.38%	15.22%	10.40%	16.11%
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.956	1.962	1.858	1.846	1.638	1.631

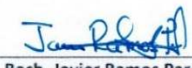
DETERMINACION DE LA EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA EXTENS.	EXPANSION		LECTURA EXTENS.	EXPANSION		LECTURA EXTENS.	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
18-Set	10:30 a. m.	00 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19-Set	10:30 a. m.	24 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20-Set	10:30 a. m.	48 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21-Set	10:30 a. m.	72 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
22-Set	10:30 a. m.	96 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

C.B.R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO

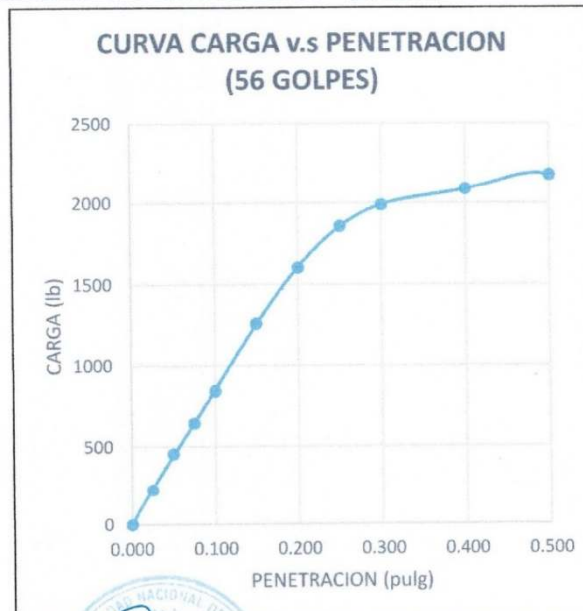
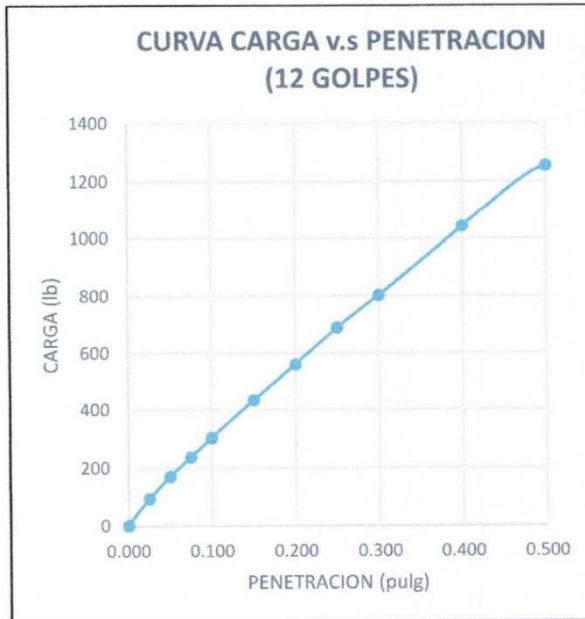
PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR lb/pulg ²	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
			CARGA	CORRECIÓN			CARGA	CORRECIÓN			CARGA	CORRECIÓN		
mm.	pulg.		lb	lb	%CBR		lb	lb	%CBR		lb	lb	%CBR	
0.000			0				0				0			
0.025			225				144				94			
0.050			453				261				170			
0.075			646				378				238			
0.100	1000		847		28.07%		494		16.37%		304		10.08%	
0.150			1260				717				434			
0.200	1500		1603		35.42%		920		20.33%		560		12.37%	
0.250			1858				1127				687			
0.300			1987				1308				803			
0.400			2086				1614				1042			
0.500			2172				1827				1254			


Ms. Julio César Rivasplata Díaz
 Jefe de Laboratorio
 Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil


Bach. Javier Ramos Paredes
 Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-01	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	18/09/2025
COORDENADAS	17 L 796934 8953166	PROFUNDIDAD	(0.25 – 1.50) m.

2. GRAFICAS CARGA VS PENETRACION

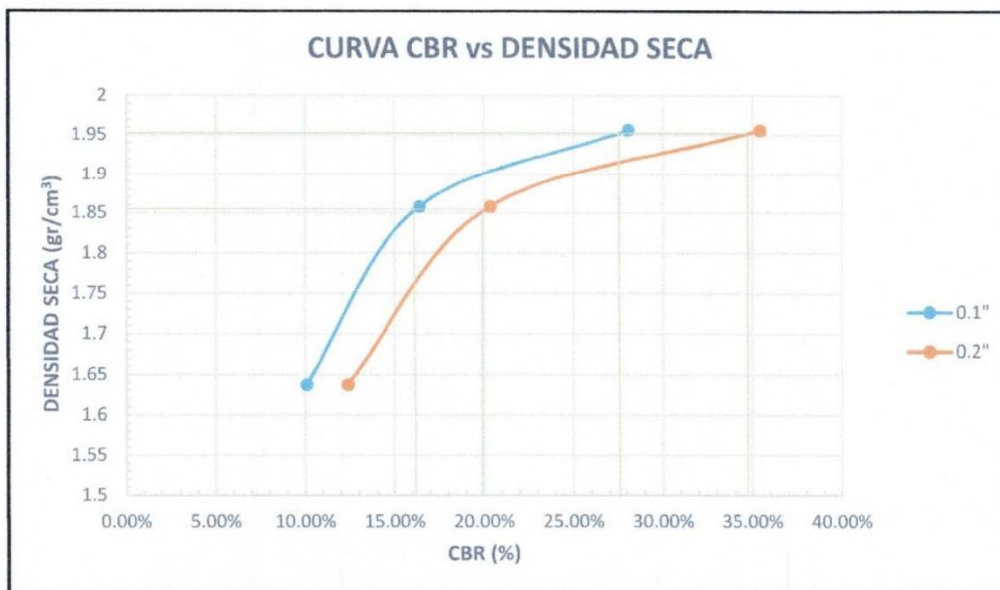


Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Jefe de Laboratorio
Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Bach. Javier Ramos Paredes
Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-01	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	18/09/2025
COORDENADAS	17 L 796934 8953166	PROFUNDIDAD	(0.25 – 1.50) m.

3. GRAFICA CBR VS DENSIDAD SECA



METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.953
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.40%

CBR AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	27.50%	0.2"	34.80%
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	16.30%	0.2"	19.90%



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Jefe de Laboratorio
Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Bach. Javier Ramos Paredes
Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional
de Ingeniería Civil

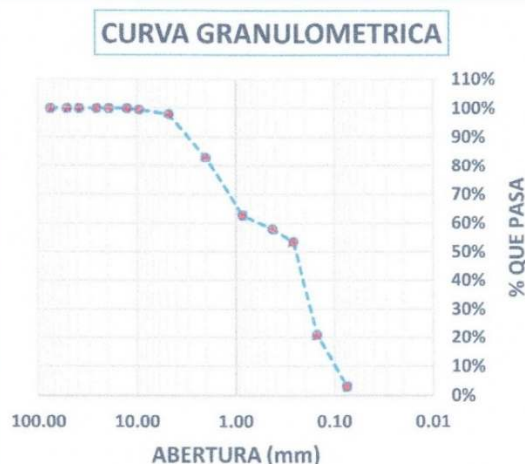
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-02	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	15/09/2025
COORDENADAS	17 L 797020 8953449	PROFUNDIDAD	(0.30 – 1.50) m.

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 / ASTM – D6913)

PESO INICIAL SECO (gr)		1040.50				
TAMICES	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
2"	50.800	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
1"	25.400	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
3/4"	19.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
1/2"	12.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
3/8"	9.500	5.20	0.50%	0.50%	99.50%	
N° 4	4.750	16.60	1.60%	2.10%	97.90%	
N° 10	2.000	156.40	15.03%	17.13%	82.87%	
N° 20	0.850	210.90	20.27%	37.40%	62.60%	
N° 40	0.425	49.50	4.76%	42.15%	57.85%	
N° 60	0.260	46.40	4.46%	46.61%	53.39%	
N° 100	0.150	337.80	32.47%	79.08%	20.92%	
N° 200	0.075	185.90	17.87%	96.94%	3.06%	
PASANTE		31.80	3.06%	100.00%	0.00%	

Coefficiente de uniformidad y curvatura

D ₁₅	0.104
D ₃₀	0.181
D ₆₀	0.617
C _u	5.928
C _c	0.508



2. LIMITES DE CONSISTENCIA

A) LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 / ASTM – D4318)

MUESTRA	1	2	3
N° CONTENEDOR			
PESO DE CONTENEDOR + SUELO HUMEDO			
PESO DE CONTENEDOR + SUELO SECO			
PESO DE CONTENEDOR			
PESO DE AGUA			
PESO DE SUELO SECO			
CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° DE GOLPES			

NO PRESENTA

B) LIMITE PLASTICO (MTC E 111 / ASTM – D4318)

MUESTRA	1	2
N° CONTENEDOR		
PESO DE CONTENEDOR + SUELO HUMEDO		
PESO DE CONTENEDOR + SUELO SECO		
PESO DE CONTENEDOR		
PESO DE AGUA		
PESO DE SUELO SECO		
CONTENIDO DE HUMEDAD		

NO PLASTICO



3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108)

MUESTRA	1	2	3
N° CONTENEDOR	C2/M1 (1)	C2/M1 (2)	C2/M1 (3)
PESO DE CONTENEDOR + SUELO HUMEDO	115.375	115.621	138.578
PESO DE CONTENEDOR + SUELO SECO	115.148	115.390	138.283
PESO DE CONTENEDOR	27.708	26.628	26.738
PESO DE AGUA	0.227	0.231	0.295
PESO DE SUELO SECO	87.44	88.762	111.545
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.26%	0.26%	0.26%
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		0.26%	

RESUMEN	
Grava (No. 4 < Diam < 3")	2.10%
Arena (No. 200 < Diam < No. 4)	94.85%
Finos (Diam < No. 200)	3.06%
Límite Líquido	N.P
Límite Plástico	N.P
Índice de Plasticidad	N.P
Contenido de Humedad	0.26%
Clasificación AASHTO	A-3 (0)
Clasificación SUCS	SP

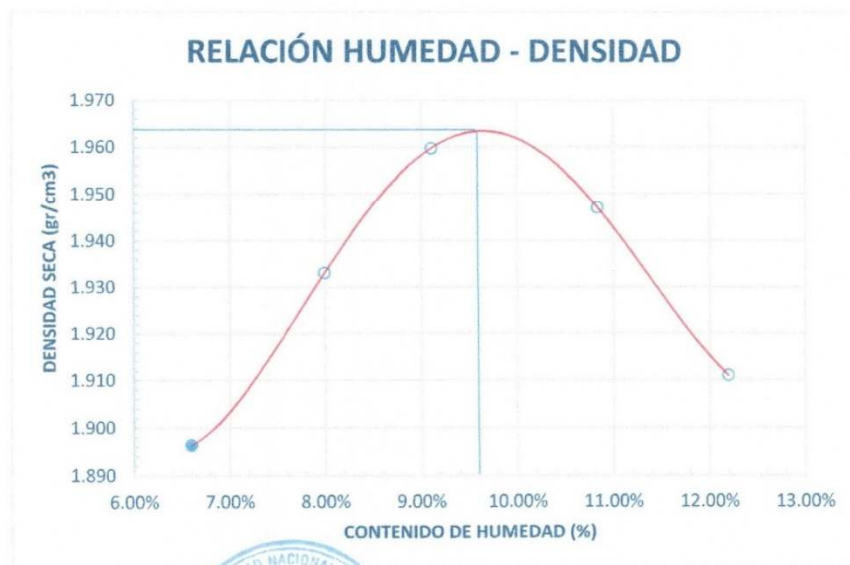

 Ms. Julio César Rivasplata Díaz
 Jefe de Laboratorio
 Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil


 Bach. Javier Ramos Paredes
 Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-02	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	15/09/2025
COORDENADAS	17 L 797020 8953449	PROFUNDIDAD	(0.30 – 1.50) m.

1. ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E-115) – MÉTODO A

MUESTRA	1	2	3	4	5
MASA DE SUELO + MOLDE (g)	6010.50	6072.50	6120.00	6138.70	6125.50
MASA DE MOLDE (g)	4112.30	4112.30	4112.30	4112.30	4112.30
MASA DE SUELO(g)	1898.20	1960.20	2007.70	2026.40	2013.20
VOLUMEN DE MOLDE (cm ³)	939.00	939.00	939.00	939.00	939.00
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.022	2.088	2.138	2.158	2.144
N° DE CONTENEDOR	C2/M1 - (1)	C2/M1 - (2)	C2/M1 - (3)	C2/M1 - (4)	C2/M1 - (5)
MASA DE SUELO HUMEDO + TARA (g)	111.109	94.896	95.542	115.109	98.542
MASA DE SUELO SECO + TARA (g)	105.914	89.924	89.792	106.514	90.725
MASA DE TARA (g)	27.193	27.701	26.631	27.193	26.631
MASA DE AGUA (g)	5.195	4.972	5.750	8.595	7.817
MASA DE SUELO SECO (g)	78.721	62.223	63.161	79.321	64.094
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.60%	7.99%	9.10%	10.84%	12.20%
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.896	1.933	1.960	1.947	1.911
DENSIDAD MAXIMA (gr/cm ³)				1.964	
HUMEDAD OPTIMA (%)				9.60%	




Ms. Julio César Rivasplata Díaz
 Jefe de Laboratorio
 Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil


Bach. Javier Ramos Paredes
 Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional
 de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-02	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	16/10/2025
COORDENADAS	17 L 797020 8953449	PROFUNDIDAD	(0.30 – 1.50) m.

1. RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) (MTC E-132 / ASTM-D1883)

ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

TAMIZ	N° 10 (%)		N° 40 (%)	N° 200 (%)	ENSAYO DE COMPACTACIÓN		
PASA %	82.87%		57.85%	3.06%	METODO	DENSIDAD MÁXIMA	HUMEDAD ÓPTIMA
LI/IP	NP	NP	CLASIFICACIÓN	SUCS: SP	AASHTO: A-3-(0)	1.964 gr/cc ³	9.60%

MOLDE N°	1		2		3	
ALTURA MOLDE	17.78		17.78		17.78	
DIAMETRO MOLDE	15.24		15.24		15.24	
ALTURA DISCO ESPACIADOR	6.14		6.14		6.14	
DIAMETRO DISCO ESPACIADOR	15.24		15.24		15.24	
CAPAS N°	5		5		5	
N° GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE LA MUESTRA	ANTES DE MOJARSE	DESPUES DE MOJARSE	ANTES DE MOJARSE	DESPUES DE MOJARSE	ANTES DE MOJARSE	DESPUES DE MOJARSE
PESO HUMEDO DE LA PROBETA + MOLDE (g)	11701.70	11806.70	11420.70	11573.30	11095.40	11245.40
PESO DE MOLDE (g)	7122.50	7122.50	7122.50	7122.50	7122.50	7122.50
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4579.20	4684.20	4298.20	4450.80	3972.90	4122.90
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3)	2123.31	2123.31	2123.31	2123.31	2123.31	2123.31
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3)	2.157	2.206	2.024	2.096	1.871	1.942
RECIPIENTE N°	C2/M1 - 1	C2/M1 - 2	C2/M1 - 3	C2/M1 - 4	C2/M1 - 5	C2/M1 - 6
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO (g)	93.794	126.755	90.795	93.476	107.556	118.632
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	87.965	116.214	85.309	85.818	100.414	107.581
PESO DEL RECIPIENTE (g)	27.342	27.878	27.943	27.078	26.542	26.925
PESO DEL AGUA (g)	5.829	10.541	5.486	7.658	7.142	11.051
PESO DEL SUELO SECO (g)	60.623	88.336	57.366	58.74	73.872	80.656
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.62%	11.93%	9.56%	13.04%	9.67%	13.70%
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.967	1.971	1.848	1.854	1.706	1.708

DETERMINACION DE LA EXPANSIÓN

[illegible]

C.B.R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO

PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
mm.	pulg.		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN	
			lb	lb	%CBR	lb	lb	%CBR	lb	lb	%CBR
	0.000		0			0			0		
	0.025		257			162			102		
	0.050		517			290			182		
	0.075		750			416			260		
	0.100	1000	992		32.88%	544		18.03%	326		10.81%
	0.150		1475			796			469		
	0.200	1500	1850		40.88%	1040		22.98%	600		13.26%
	0.250		2137			1240			736		
	0.300		2305			1465			868		
	0.400		2500			1824			1136		
	0.500		2600			2028			1380		


Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Jefe de Laboratorio

Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil


Bach. Javier Ramos Paredes
Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional
de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-02	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	16/10/2025
COORDENADAS	17 L 797020 8953449	PROFUNDIDAD	(0.30 – 1.50) m.

2. GRAFICAS CARGA VS PENETRACION

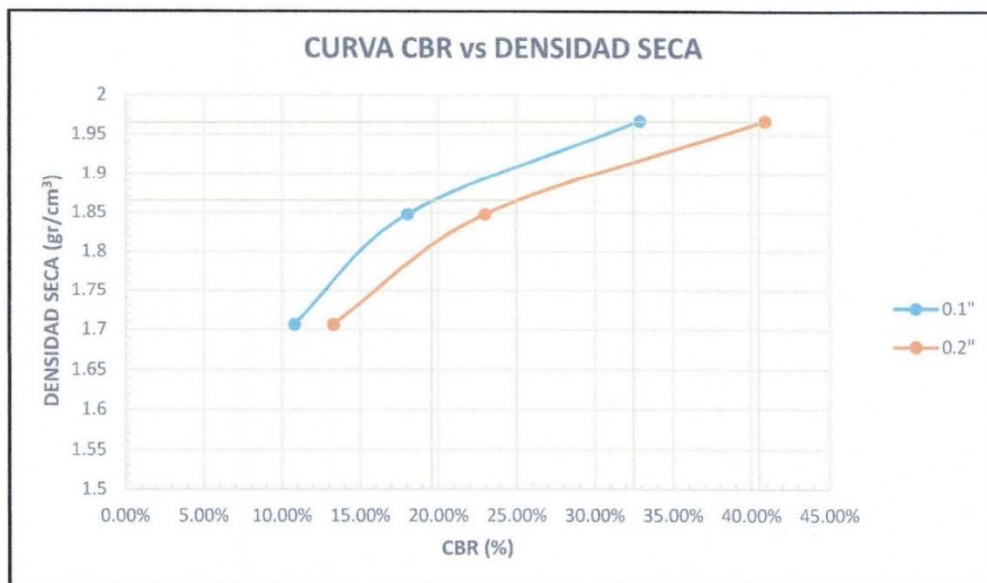


Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Jefe de Laboratorio
Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Bach. Javier Ramos Paredes
Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional
de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-02	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	16/10/2025
COORDENADAS	17 L 797020 8953449	PROFUNDIDAD	(0.30 – 1.50) m.

3. GRAFICA CBR VS DENSIDAD SECA



METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.964
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.60%

CBR AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	32.30%	0.2"	40.40%
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	19.60%	0.2"	25.00%



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Jefe de Laboratorio
Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Bach. Javier Ramos Paredes
Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional
de Ingeniería Civil

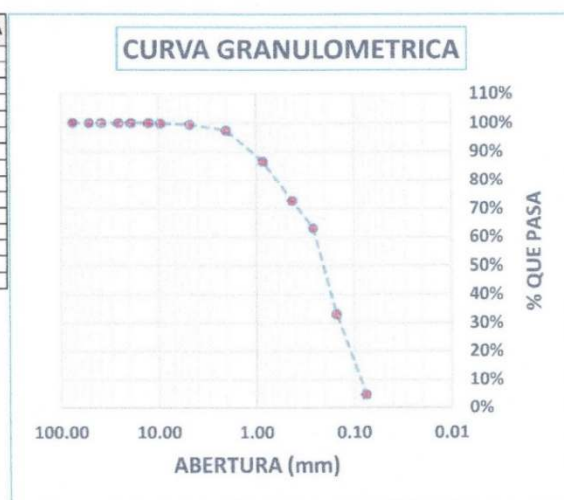
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-03	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	18/09/2025
COORDENADAS	17 L 796808 8953657	PROFUNDIDAD	(0.25 – 1.50) m.

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 / ASTM – D6913)

PESO INICIAL SECO (gr)		1155.10			
TAMICES	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50.800	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.400	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	12.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.500	2.50	0.22%	0.22%	99.78%
N° 4	4.750	5.50	0.48%	0.69%	99.31%
N° 10	2.000	22.20	1.92%	2.61%	97.39%
N° 20	0.850	125.30	10.85%	13.46%	86.54%
N° 40	0.425	160.10	13.86%	27.32%	72.68%
N° 60	0.260	112.00	9.70%	37.02%	62.98%
N° 100	0.150	346.60	30.01%	67.02%	32.98%
N° 200	0.075	327.20	28.33%	95.35%	4.65%
PASANTE		53.70	4.65%	100.00%	0.00%

Coefficiente de uniformidad y curvatura

D_{10}	0.089
D_{30}	0.142
D_{60}	0.249
C_u	2.793
C_c	0.909



2. LIMITES DE CONSISTENCIA

A) LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 / ASTM – D4318)

MUESTRA	1	2	3
N° CONTENEDOR			
PESO DE CONTENEDOR + SUELO HUMEDO			
PESO DE CONTENEDOR + SUELO SECO			
PESO DE CONTENEDOR			
PESO DE AGUA			
PESO DE SUELO SECO			
CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° DE GOLPES			

NO PRESENTA

B) LIMITE PLASTICO (MTC E 111 / ASTM – D4318)

MUESTRA	1	2
N° CONTENEDOR		
PESO DE CONTENEDOR + SUELO HUMEDO		
PESO DE CONTENEDOR + SUELO SECO		
PESO DE CONTENEDOR		
PESO DE AGUA		
PESO DE SUELO SECO		
CONTENIDO DE HUMEDAD		

NO PLASTICO



3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108)

MUESTRA	1	2	3
N° CONTENEDOR	C3/M1 (1)	C3/M1 (2)	C3/M1 (3)
PESO DE CONTENEDOR + SUELO HUMEDO	119.370	123.036	141.108
PESO DE CONTENEDOR + SUELO SECO	118.964	122.612	140.605
PESO DE CONTENEDOR	27.662	26.587	26.677
PESO DE AGUA	0.406	0.424	0.503
PESO DE SUELO SECO	91.302	96.025	113.928
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.44%	0.44%	0.44%
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		0.44%	

RESUMEN	
Grava (No. 4 < Diam < 3")	0.69%
Arena (No. 200 < Diam < No. 4)	94.66%
Finos (Diam < No. 200)	4.65%
Límite Líquido	N.P
Límite Plástico	N.P
Índice de Plasticidad	N.P
Contenido de Humedad	0.44%
Clasificación AASHTO	A-3 (0)
Clasificación SUCS	SP

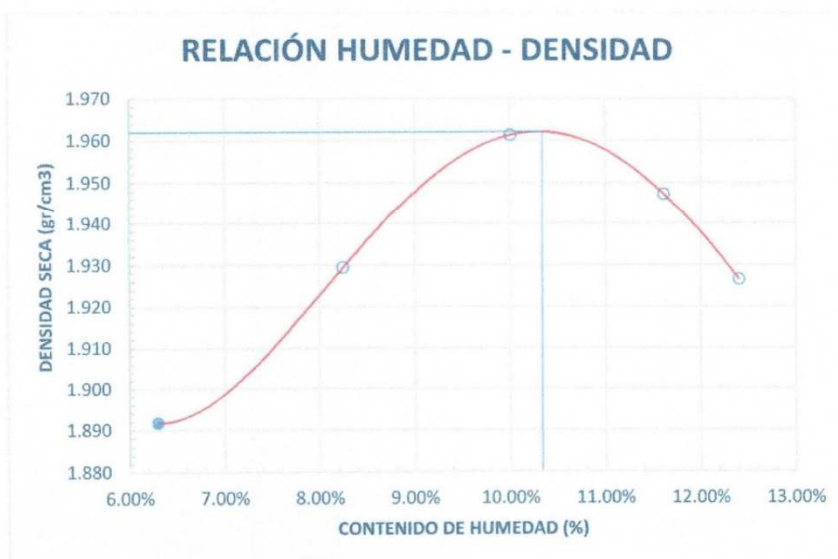

 Ms. Julio César Rivasplata Díaz
 Jefe de Laboratorio
 Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil


 Bach. Javier Ramos Paredes
 Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-03	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	18/09/2025
COORDENADAS	17 L 796808 8953657	PROFUNDIDAD	(0.25 – 1.50) m.

1. ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E-115) – MÉTODO A

MUESTRA	1	2	3	4	5
MASA DE SUELO + MOLDE (g)	6000.50	6073.50	6138.20	6153.10	6145.80
MASA DE MOLDE (g)	4112.30	4112.30	4112.30	4112.30	4112.30
MASA DE SUELO (g)	1888.20	1961.20	2025.90	2040.80	2033.50
VOLUMEN DE MOLDE (cm ³)	939.00	939.00	939.00	939.00	939.00
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.011	2.089	2.158	2.173	2.166
N° DE CONTENEDOR	C3/M1 - (1)	C3/M1 - (2)	C3/M1 - (3)	C3/M1 - (4)	C3/M1 - (5)
MASA DE SUELO HUMEDO + TARA (g)	98.525	85.468	84.293	93.685	102.542
MASA DE SUELO SECO + TARA (g)	94.332	81.076	79.085	86.825	94.165
MASA DE TARA (g)	27.760	27.812	27.039	27.762	26.631
MASA DE AGUA (g)	4.193	4.392	5.208	6.860	8.377
MASA DE SUELO SECO (g)	66.572	53.264	52.046	59.063	67.534
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.30%	8.25%	10.01%	11.61%	12.40%
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.892	1.930	1.961	1.947	1.927
DENSIDAD MAXIMA (gr/cm ³)				1.961	
HUMEDAD OPTIMA (%)				10.35%	




 Ms. Julio César Rivasplata Díaz
 Jefe de Laboratorio
 Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil


 Bach. Javier Ramos Paredes
 Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional
 de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-03	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	02/10/2025
COORDENADAS	17 L 796808 8953657	PROFUNDIDAD	(0.25 – 1.50) m.

1. RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) (MTC E-132 / ASTM-D1883)

ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

TAMIZ	N° 10 (%)		N° 40 (%)	N° 200 (%)	METODO	ENSAYO DE COMPACTACIÓN	HUMEDAD OPTIMA
PASA %	97.39%		72.68%	4.65%			
LL/IP	NP	NP	CLASIFICACIÓN	SUCS: SP	AASHTO: A-3(0)	DENSIDAD MAXIMA 1.961 gm/cm ³	10.35%

MOLDE N°	1		2		3	
ALTURA MOLDE	17.78		17.78		17.78	
DIAMETRO MOLDE	15.24		15.24		15.24	
ALTURA DISCO ESPACIADOR	6.14		6.14		6.14	
DIAMETRO DISCO ESPACIADOR	15.24		15.24		15.24	
CAPAS N°	5		5		5	
N° GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE LA MUESTRA	ANTES DE MOJARSE		DESPUES DE MOJARSE		ANTES DE MOJARSE	
PESO HUMEDO DE LA PROBETA + MOLDE (g)	11729.10		11950.80		10985.90	
PESO DE MOLDE (g)	7122.50		7122.50		7122.50	
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4606.60		4828.30		3863.40	
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2123.31		2123.31		2123.31	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.170		2.274		1.820	
RECIPIENTE N°	C3/M1 - 1		C3/M1 - 2		C3/M1 - 5	
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO (g)	98.455		127.118		90.297	
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	91.722		113.423		84.445	
PESO DEL RECIPIENTE (g)	26.895		27.291		27.760	
PESO DEL AGUA (g)	6.733		13.695		5.852	
PESO DEL SUELO SECO (g)	64.827		86.132		56.685	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.39%		15.90%		10.32%	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.965		1.962		1.649	

DETERMINACION DE LA EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA EXTENS.	EXPANSION		LECTURA EXTENS.	EXPANSION		LECTURA EXTENS.	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
02-Oct	10:30 a. m.	00 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
03-Oct	10:30 a. m.	24 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
04-Oct	10:30 a. m.	48 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
05-Oct	10:30 a. m.	72 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
06-Oct	10:30 a. m.	96 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

C.B.R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO

PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR lb/pulg ²	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
			CARGA	CORRECIÓN			CARGA	CORRECIÓN			CARGA	CORRECIÓN		
mm.	pulg.		lb	lb	%CBR		lb	lb	%CBR		lb	lb	%CBR	
0.000			0				0				0			
0.025			135				162				38			
0.050			281				259				74			
0.075			428				363				102			
0.100	1000		631	780	25.85%		448	480	15.91%		132	150	4.97%	
0.150			1026				656				198			
0.200	1500		1419	1575	34.80%		874	890	19.67%		266	285	6.30%	
0.250			1776				1067				339			
0.300			2055				1260				418			
0.400			2210				1526				578			
0.500			2213				1655				709			



Ms. Julio Cesar Rivasplata Diaz
Jefe de Laboratorio

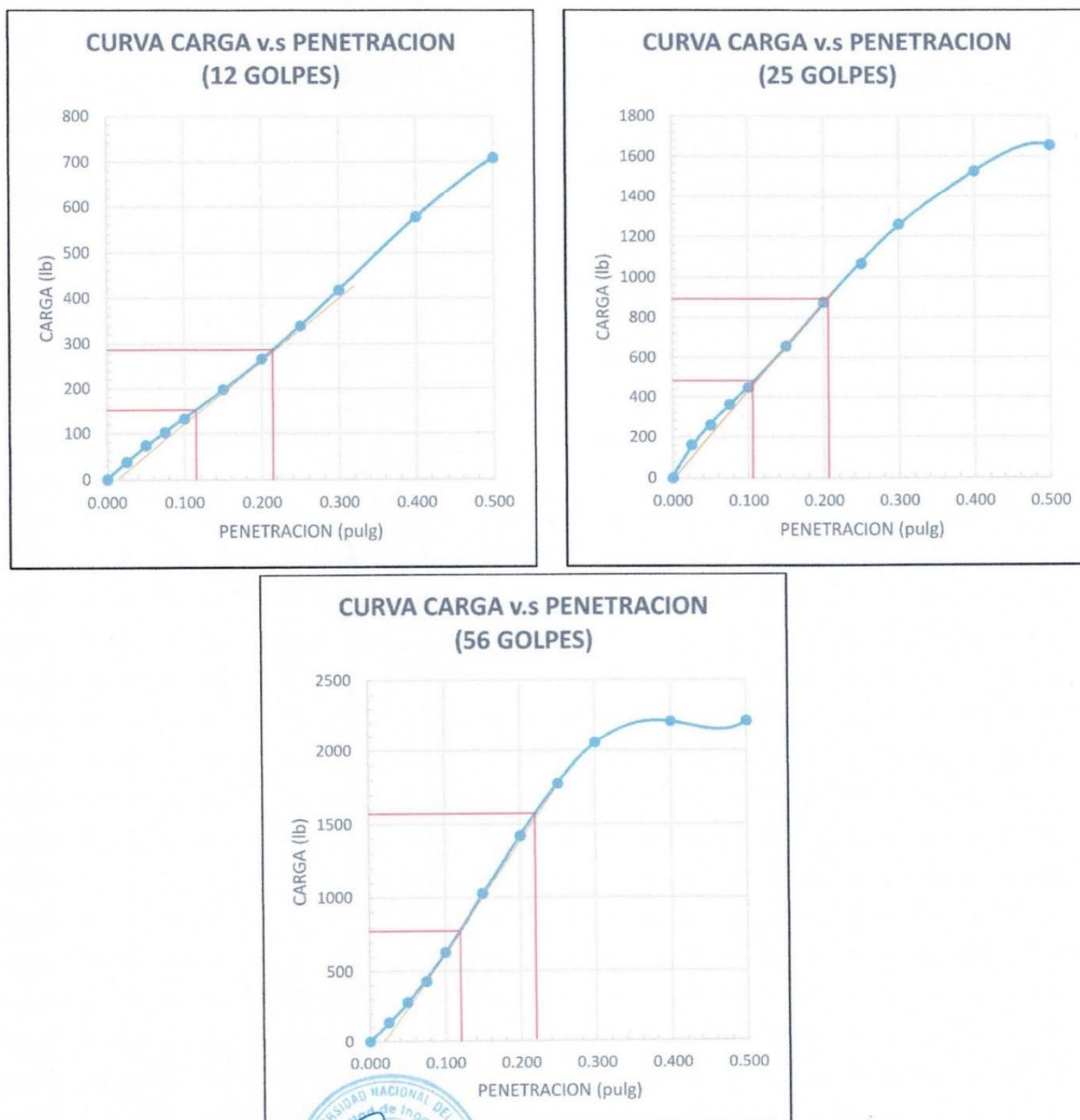
Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Juan Ramos Paredes
Bach. Javier Ramos Paredes

Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-03	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	02/10/2025
COORDENADAS	17 L 796808 8953657	PROFUNDIDAD	(0.25 – 1.50) m.

2. GRAFICAS CARGA VS PENETRACION

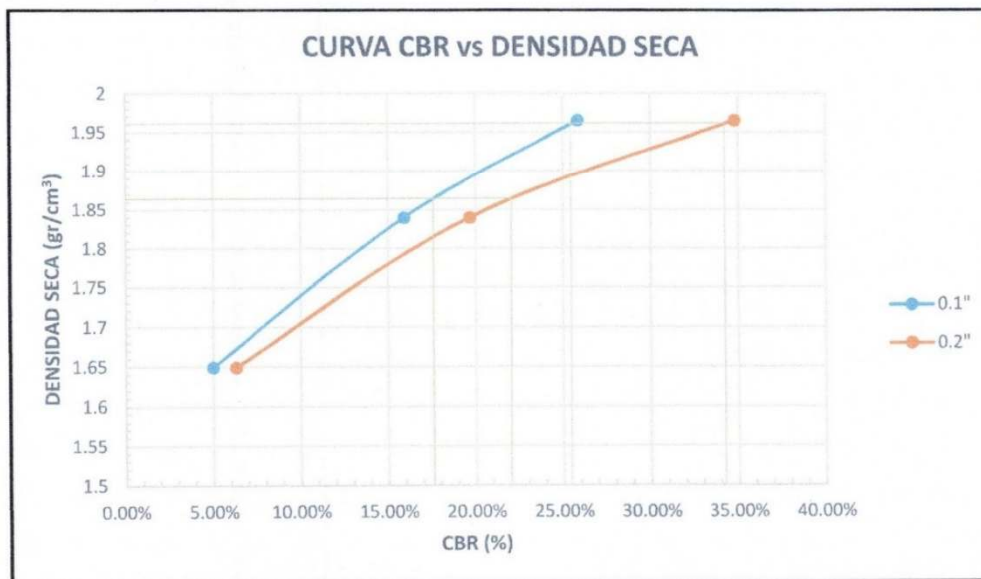


Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Jefe de Laboratorio
Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Bach. Javier Ramos Paredes
Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-03	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	02/10/2025
COORDENADAS	17 L 796808 8953657	PROFUNDIDAD	(0.25 – 1.50) m.

3. GRAFICA CBR VS DENSIDAD SECA



METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.961
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	10.35%

CBR AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	25.40%	0.2"	34.30%
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	17.60%	0.2"	22.00%



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Jefe de Laboratorio
Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Bach. Javier Ramos Paredes
Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

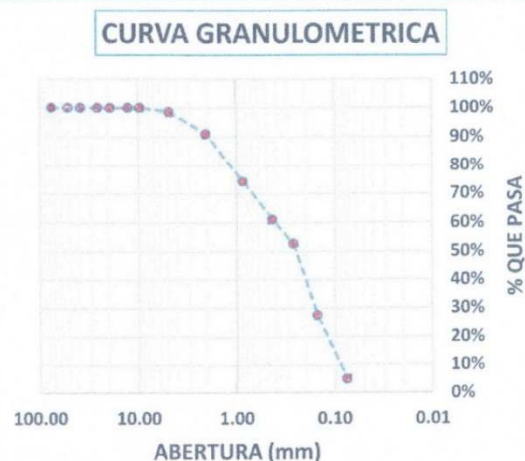
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-04	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	24/09/2025
COORDENADAS	17 L 796693 8953778	PROFUNDIDAD	(0.00 – 1.50) m.

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 / ASTM – D6913)

PESO INICIAL SECO (gr)		1745.80			
TAMICES	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50.800	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1 1/2"	38.100	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25.400	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/4"	19.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
1/2"	12.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
3/8"	9.500	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N° 4	4.750	24.60	1.41%	1.41%	98.59%
N° 10	2.000	135.10	7.74%	9.15%	90.85%
N° 20	0.850	290.80	16.66%	25.80%	74.20%
N° 40	0.425	230.50	13.20%	39.01%	60.99%
N° 60	0.250	147.10	8.43%	47.43%	52.57%
N° 100	0.150	440.00	25.20%	72.64%	27.36%
N° 200	0.075	393.40	22.53%	95.17%	4.83%
PASANTE		84.30	4.83%	100.00%	0.00%

Coefficiente de uniformidad y curvatura

D_{10}	0.092
D_{50}	0.162
D_{90}	0.426
C_u	4.599
C_c	0.688



2. LIMITES DE CONSISTENCIA

A) LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 / ASTM – D4318)

MUESTRA	1	2	3
N° CONTENEDOR			
PESO DE CONTENEDOR + SUELO HUMEDO			
PESO DE CONTENEDOR + SUELO SECO			
PESO DE CONTENEDOR			
PESO DE AGUA			
PESO DE SUELO SECO			
CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° DE GOLPES			

NO PRESENTA

B) LIMITE PLASTICO (MTC E 111 / ASTM – D4318)

MUESTRA	1	2
N° CONTENEDOR		
PESO DE CONTENEDOR + SUELO HUMEDO		
PESO DE CONTENEDOR + SUELO SECO		
PESO DE CONTENEDOR		
PESO DE AGUA		
PESO DE SUELO SECO		
CONTENIDO DE HUMEDAD		

NO PLASTICO



3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108)

MUESTRA	1	2	3
N° CONTENEDOR	C4/M1 (1)	C4/M1 (2)	C4/M1 (3)
PESO DE CONTENEDOR + SUELO HUMEDO	130.495	155.507	169.297
PESO DE CONTENEDOR + SUELO SECO	130.086	154.99	168.712
PESO DE CONTENEDOR	27.614	26.542	26.678
PESO DE AGUA	0.409	0.517	0.585
PESO DE SUELO SECO	102.472	128.448	142.034
CONTENIDO DE HUMEDAD	0.40%	0.40%	0.41%
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		0.40%	

RESUMEN	
Grava (No. 4 < Diam < 3")	1.41%
Arena (No. 200 < Diam < No. 4)	93.76%
Finos (Diam < No. 200)	4.83%
Límite Líquido	N.P
Límite Plástico	N.P
Índice de Plasticidad	N.P
Contenido de Humedad	0.40%
Clasificación AASHTO	A-3 (0)
Clasificación SUCS	SP

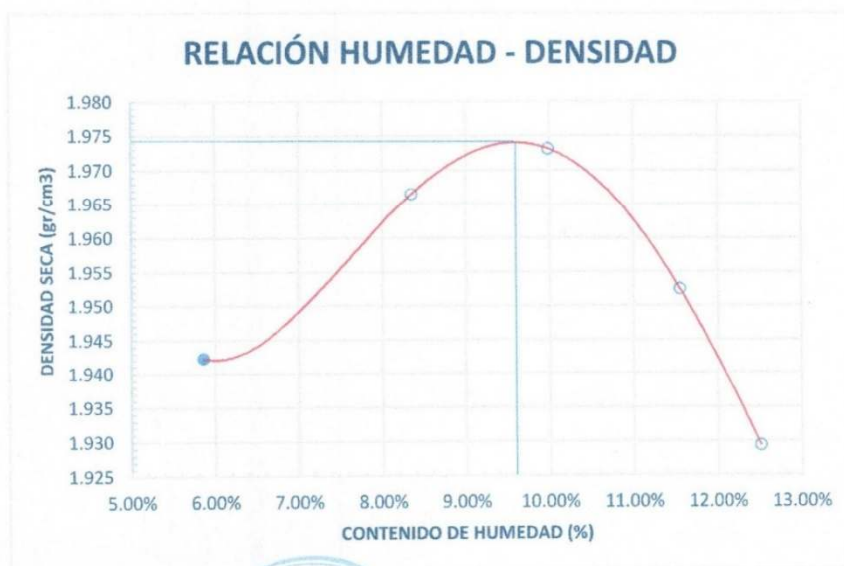
Ms. Julio César Rivasplata Díaz
 Jefe de Laboratorio
 Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Bach. Javier Ramos Paredes
 Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-04	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	24/09/2025
COORDENADAS	17 L 796693 8953778	PROFUNDIDAD	(0.00 – 1.50) m.

1. ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E-115) – MÉTODO A

MUESTRA	1	2	3	4	5
MASA DE SUELO + MOLDE (g)	6043.00	6113.00	6150.00	6157.40	6150.70
MASA DE MOLDE (g)	4112.30	4112.30	4112.30	4112.30	4112.30
MASA DE SUELO(g)	1930.70	2000.70	2037.70	2045.10	2038.40
VOLUMEN DE MOLDE (cm3)	939.00	939.00	939.00	939.00	939.00
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm3)	2.056	2.131	2.170	2.178	2.171
N° DE CONTENEDOR	C4/M1 - (1)	C4/M1 - (2)	C4/M1 - (3)	C4/M1 - (4)	C4/M1 - (5)
MASA DE SUELO HUMEDO + TARA (g)	81.810	96.824	85.263	102.687	99.465
MASA DE SUELO SECO + TARA (g)	78.880	91.495	79.968	94.923	91.457
MASA DE TARA (g)	28.883	27.674	26.918	27.683	27.451
MASA DE AGUA (g)	2.930	5.329	5.295	7.764	8.008
MASA DE SUELO SECO (g)	49.997	63.821	53.050	67.240	64.006
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	5.86%	8.35%	9.98%	11.55%	12.51%
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.942	1.966	1.973	1.953	1.929
DENSIDAD MAXIMA (gr/cm3)				1.974	
HUMEDAD OPTIMA (%)				9.60%	



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
 Jefe de Laboratorio
 Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Bach. Javier Ramos Paredes
 Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional
 de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-04	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	13/10/2025
COORDENADAS	17 L 796693 8953778	PROFUNDIDAD	(0.00 – 1.50) m.

1. RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) (MTC E-132 / ASTM-D1883)

ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

TAMIZ	N° 10 (%)		N° 40 (%)	N° 200 (%)	ENSAYO DE COMPACTACIÓN		
PASA %	90.85%		60.99%	4.83%	METODO	DENSIDAD MAXIMA	HUMEDAD OPTIMA
LL/IP	NP	NP	CLASIFICACIÓN	SUCS: SP	AASHTO: A-3-(0)	1.974 gr/cm ³	9.60%

MOLDE N°	1		2		3	
ALTURA MOLDE	17.78		17.78		17.78	
DIAMETRO MOLDE	15.24		15.24		15.24	
ALTURA DISCO ESPACIADOR	6.14		6.14		6.14	
DIAMETRO DISCO ESPACIADOR	15.24		15.24		15.24	
CAPAS N°	5		5		5	
N° GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE LA MUESTRA	ANTES DE MOJARSE	DESPUES DE MOJARSE	ANTES DE MOJARSE	DESPUES DE MOJARSE	ANTES DE MOJARSE	DESPUES DE MOJARSE
PESO HUMEDO DE LA PROBETA + MOLDE (g)	11731.70	11832.90	11620.10	11716.10	11015.30	11150.10
PESO DE MOLDE (g)	7122.50	7122.50	7122.50	7122.50	7122.50	7122.50
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	4609.20	4710.40	4497.60	4593.60	3892.80	4027.60
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2123.31	2123.31	2123.31	2123.31	2123.31	2123.31
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.171	2.218	2.118	2.163	1.833	1.897
RECIPIENTE N°	C4/M1 - 1	C4/M1 - 2	C4/M1 - 3	C4/M1 - 4	C4/M1 - 5	C4/M1 - 6
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO (g)	93.674	126.755	90.643	92.996	107.736	126.784
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	87.805	116.214	85.177	85.818	100.594	114.966
PESO DEL RECIPIENTE (g)	27.222	27.878	28.033	26.977	26.838	26.819
PESO DEL AGUA (g)	5.869	10.541	5.466	7.178	7.142	11.818
PESO DEL SUELO SECO (g)	60.583	88.336	57.144	58.841	73.756	88.147
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.69%	11.93%	9.57%	12.20%	9.68%	13.41%
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.979	1.982	1.933	1.928	1.672	1.673

DETERMINACION DE LA EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA EXTENS.	EXPANSION		LECTURA EXTENS.	EXPANSION		LECTURA EXTENS.	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
13-Oct	10:00 a. m.	00 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
14-Oct	10:00 a. m.	24 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
15-Oct	10:00 a. m.	48 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
16-Oct	10:00 a. m.	72 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
17-Oct	10:00 a. m.	96 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

C.B.R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO

PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR lb/pulg ²	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
mm.	pulg.		CARGA lb	CORRECIÓN lb	%CBR	CARGA lb	CORRECIÓN lb	%CBR	CARGA lb	CORRECIÓN lb	%CBR
	0.000		0			0			0		
	0.025		158			130			78		
	0.050		380			275			159		
	0.075		678			447			240		
	0.100	1000	910	1000	33.15%	647	745	24.69%	335	380	12.60%
	0.150		1343			1010			515		
	0.200	1500	1625	1700	37.56%	1305	1400	30.94%	688	750	16.57%
	0.250		1925			1612			899		
	0.300		2163			1854			1091		
	0.400		2350			2059			1248		
	0.500		2000			1845			1095		

Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Jefe de Laboratorio

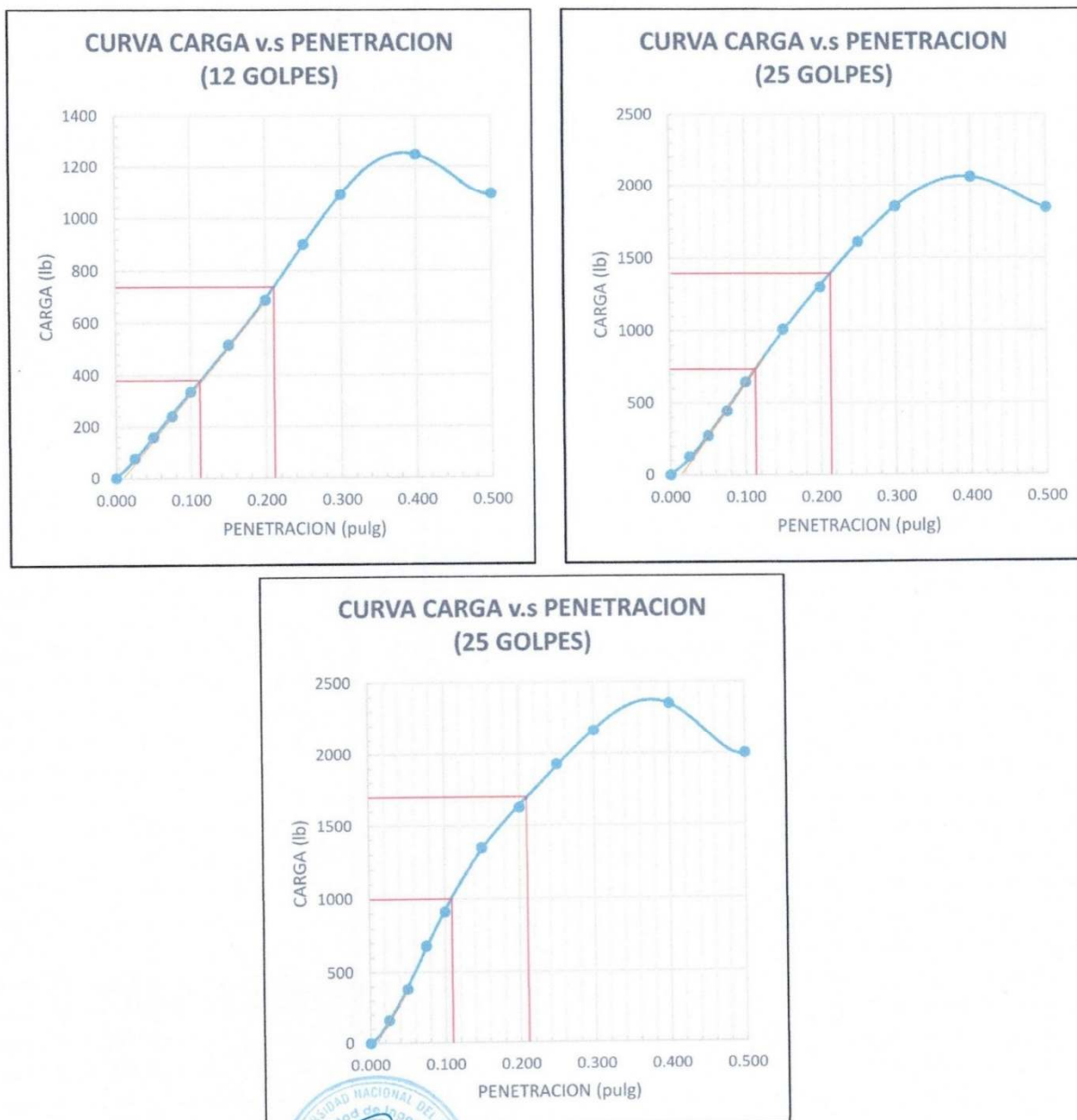
Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Bach. Javier Ramos Paredes

Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-04	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	13/10/2025
COORDENADAS	17 L 796693 8953778	PROFUNDIDAD	(0.00 – 1.50) m.

2. GRAFICAS CARGA VS PENETRACION



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Jefe de Laboratorio

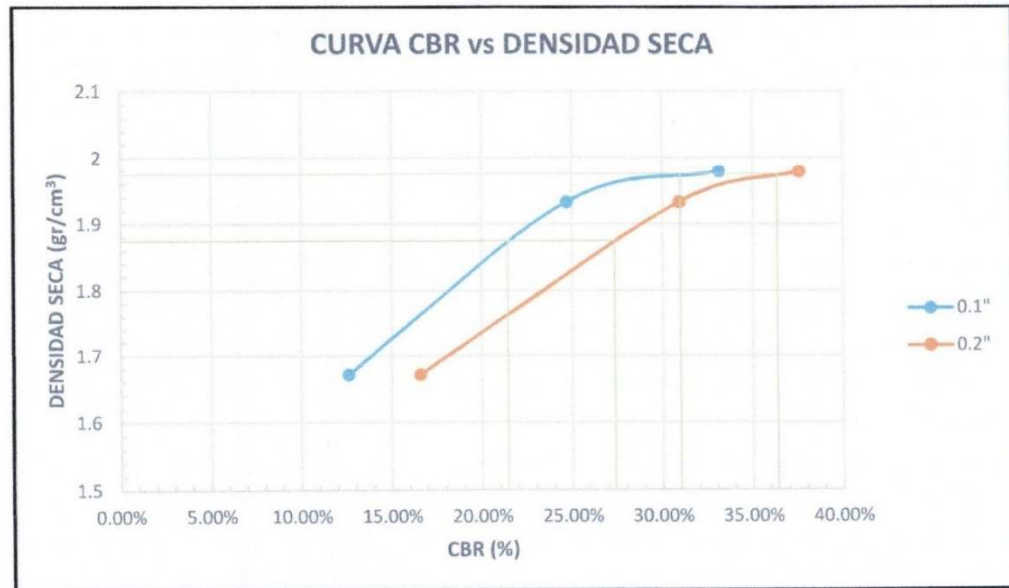
Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Bach. Javier Ramos Paredes

Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CALICATA	C-04	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MUESTRA	M-01	FECHA DE ENSAYO	13/10/2025
COORDENADAS	17 L 796693 8953778	PROFUNDIDAD	(0.00 – 1.50) m.

3. GRAFICA CBR VS DENSIDAD SECA

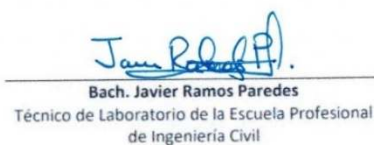


METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.974
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.60%

CBR AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	31.00%	0.2"	36.30%
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	21.30%	0.2"	27.50%



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
 Jefe de Laboratorio
 Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil



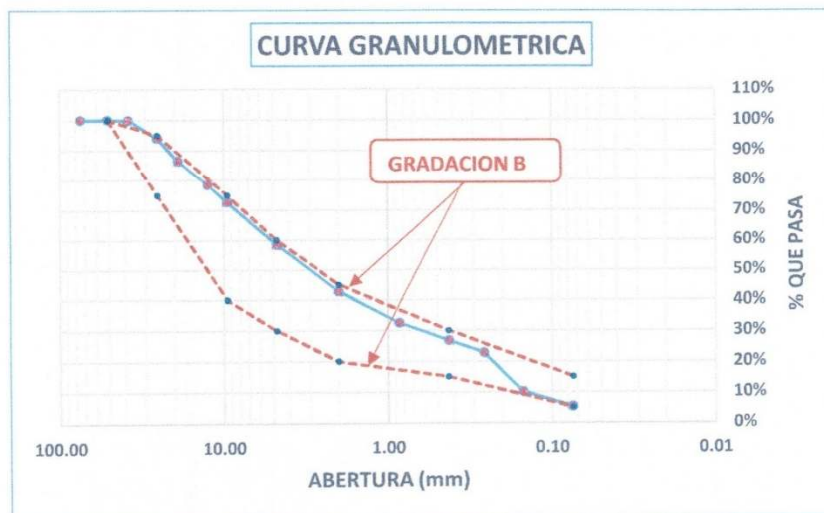
Bach. Javier Ramos Paredes
 Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional
 de Ingeniería Civil

7.2.2. ANEXO 2.2. ENSAYOS DE MATERIAL GRANULAR

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CANTERA	OMEGA	UBICACIÓN	DISTRITO BUENA VISTA - CASMA
MATERIAL	BASE – SUB BASE GRANULAR	FECHA DE ENSAYO	10/10/2025
MUESTRA	M1	COORDENADAS	17 L 809246 8957480

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 / ASTM – D6913)

PESO INICIAL SECO (gr)		5086.90				
TAMICES	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	REQUERIMIENTO GRADACION "B"
3"	75.000	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	
2"	50.800	0.00	0.00%	0.00%	100.00%	100.00%
1 1/2"	38.100	5.20	0.10%	0.10%	99.90%	
1"	25.400	298.80	5.87%	5.98%	94.02%	75% - 95%
3/4"	19.000	387.90	7.63%	13.60%	86.40%	
1/2"	12.500	404.30	7.95%	21.55%	78.45%	
3/8"	9.500	287.30	5.65%	27.20%	72.80%	40% - 75%
N° 4	4.750	728.00	14.31%	41.51%	58.49%	30% - 60%
N° 10	2.000	796.90	15.67%	57.17%	42.83%	20% - 45%
N° 20	0.850	526.30	10.35%	67.52%	32.48%	
N° 40	0.425	292.30	5.75%	73.27%	26.73%	15% - 30%
N° 60	0.260	197.70	3.89%	77.15%	22.85%	
N° 100	0.150	651.50	12.81%	89.96%	10.04%	
N° 200	0.075	242.40	4.77%	94.73%	5.27%	5% - 15%
PASANTE		268.30	5.27%	100.00%	0.00%	




Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Jefe de Laboratorio

Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Bach. Javier Ramos Paredes

Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CANTERA	OMEGA	UBICACIÓN	DISTRITO BUENA VISTA - CASMA
MATERIAL	BASE – SUB BASE GRANULAR	FECHA DE ENSAYO	10/10/2025
MUESTRA	M1	COORDENADAS	17 L 809246 8957480

2. LIMITES DE CONSISTENCIA

A) LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 / ASTM – D4318)

MUESTRA	1	2	3
N° CONTENEDOR			
PESO DE CONTENEDOR + SUELO HUMEDO			
PESO DE CONTENEDOR + SUELO SECO			
PESO DE CONTENEDOR			
PESO DE AGUA			
PESO DE SUELO SECO			
CONTENIDO DE HUMEDAD			
N° DE GOLPES			

NO PRESENTA

B) LIMITE PLASTICO (MTC E 111 / ASTM – D4318)

MUESTRA	1	2
N° CONTENEDOR		
PESO DE CONTENEDOR + SUELO HUMEDO		
PESO DE CONTENEDOR + SUELO SECO		
PESO DE CONTENEDOR		
PESO DE AGUA		
PESO DE SUELO SECO		
CONTENIDO DE HUMEDAD		

NO PLASTICO



3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E-108)

MUESTRA	1	2	3
N° CONTENEDOR	MG/M1 - 1	MG/M1 - 2	MG/M1 - 3
PESO DE CONTENEDOR + SUELO HUMEDO	108.062	126.152	102.119
PESO DE CONTENEDOR + SUELO SECO	105.704	123.285	99.955
PESO DE CONTENEDOR	26.797	27.717	27.792
PESO DE AGUA	2.358	2.867	2.164
PESO DE SUELO SECO	78.907	95.568	72.163
CONTENIDO DE HUMEDAD	2.99%	3.00%	3.00%
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.00%		

RESUMEN:

RESUMEN	
Grava (No. 4 < Diam < 3")	41.51%
Arena (No. 200 < Diam < No. 4)	53.22%
Finos (Diam < No. 200)	5.27%
Límite Líquido	N.P
Límite Plástico	N.P
Índice de Plasticidad	N.P
Contenido de Humedad	3.00%
Clasificación AASHTO	A-1-a (0)
Clasificación SUCS	SP-SM



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
 Jefe de Laboratorio
 Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

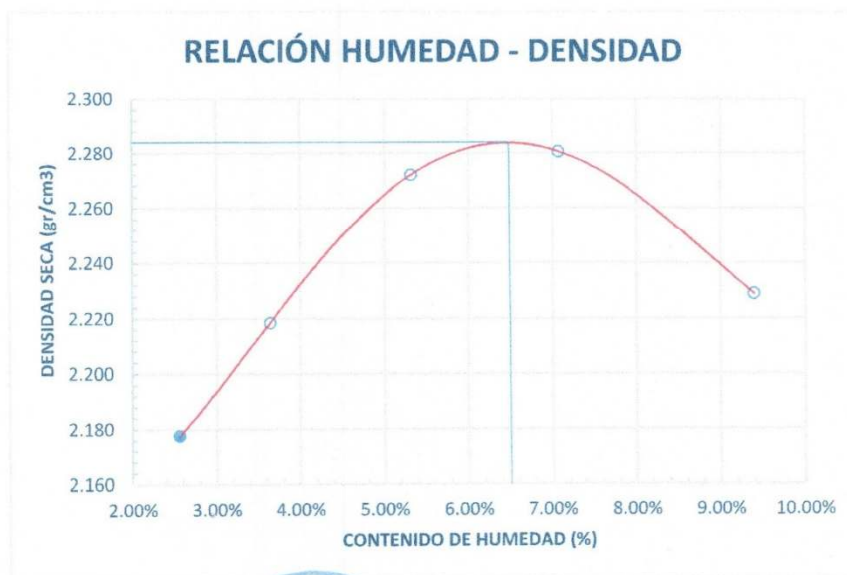


Bach. Javier Ramos Paredes
 Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CANTERA	OMEGA	UBICACIÓN	DISTRITO BUENA VISTA - CASMA
MATERIAL	BASE – SUB BASE GRANULAR	FECHA DE ENSAYO	10/10/2025
MUESTRA	M1	COORDENADAS	17 L 809246 8957480

1. ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (MTC E-115) – MÉTODO C

MUESTRA	1	2	3	4	5
MASA DE SUELO + MOLDE (g)	10745.40	10885.10	11083.60	11187.90	11180.50
MASA DE MOLDE (g)	6003.20	6003.20	6003.20	6003.20	6003.20
MASA DE SUELO (g)	4742.20	4881.90	5080.40	5184.70	5177.30
VOLUMEN DE MOLDE (cm ³)	2123.31	2123.31	2123.31	2123.31	2123.31
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.233	2.299	2.393	2.442	2.438
N° DE CONTENEDOR	MG/M1 - (1)	MG/M1 - (2)	MG/M1 - (1)	MG/M1 - (4)	MG/M1 - (5)
MASA DE SUELO HUMEDO + TARA (g)	108.251	114.735	106.041	118.756	110.524
MASA DE SUELO SECO + TARA (g)	106.243	111.695	102.104	112.749	103.412
MASA DE TARA (g)	27.852	28.098	28.067	27.790	27.718
MASA DE AGUA (g)	2.008	3.040	3.937	6.007	7.112
MASA DE SUELO SECO (g)	78.391	83.597	74.037	84.959	75.694
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	2.56%	3.64%	5.32%	7.07%	9.40%
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2.178	2.219	2.272	2.281	2.229
DENSIDAD MAXIMA (gr/cm ³)				2.284	
HUMEDAD OPTIMA (%)				6.45%	



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
 Jefe de Laboratorio
 Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Bach. Javier Ramos Paredes
 Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional
 de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CANTERA	OMEGA	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MATERIAL	BASE – SUB BASE GRANULAR	FECHA DE ENSAYO	17/10/2025
MUESTRA	M1	COORDENADAS	17 L 809246 8957480.

1. RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR) (MTC E-132 / ASTM-D1883)

ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

TAMIZ	N° 10 (%)		N° 40 (%)	N° 200 (%)	METODO	ENSAYO DE COMPACTACIÓN	HUMEDAD OPTIMA
PASA %	42.83%		25.73%	5.27%		DENSIDAD MAXIMA	
LL/IP	NP	NP	CLASIFICACIÓN	SUCS: SP-SM	AASHTO: A-1-a-(0)	2.284 gr/cm ³	6.45%

MOLDE N°	1		2		3	
ALTURA MOLDE	17.78		17.78		17.78	
DIAMETRO MOLDE	15.24		15.24		15.24	
ALTURA DISCO ESPACIADOR	6.14		6.14		6.14	
DIAMETRO DISCO ESPACIADOR	15.24		15.24		15.24	
CAPAS N°	5		5		5	
N° GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICION DE LA MUESTRA	ANTES DE MOJARSE	DESPUES DE MOJARSE	ANTES DE MOJARSE	DESPUES DE MOJARSE	ANTES DE MOJARSE	DESPUES DE MOJARSE
PESO HUMEDO DE LA PROBETA + MOLDE (g)	12294.60	12420.60	12110.40	12303.90	11813.20	11976.60
PESO DE MOLDE (g)	7122.50	7122.50	7122.50	7122.50	7122.50	7122.50
PESO DEL SUELO HUMEDO (g)	5172.10	5298.10	4987.90	5181.40	4690.70	4854.10
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2123.31	2123.31	2123.31	2123.31	2123.31	2123.31
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.436	2.495	2.349	2.440	2.209	2.286
RECIPIENTE N°	MG/M1 - 1	MG/M1 - 2	MG/M1 - 3	MG/M1 - 4	MG/M1 - 5	MG/M1 - 6
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO (g)	103.234	92.988	91.114	105.040	96.611	98.873
PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	98.566	87.474	87.183	97.745	92.428	92.054
PESO DEL RECIPIENTE (g)	26.670	28.272	26.844	28.079	27.780	27.270
PESO DEL AGUA (g)	4.668	5.514	3.931	7.295	4.183	6.819
PESO DEL SUELO SECO (g)	71.896	59.202	60.339	69.666	64.648	64.784
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.49%	9.31%	6.51%	10.47%	6.47%	10.53%
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2.287	2.283	2.205	2.209	2.075	2.068

DETERMINACION DE LA EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA EXTENS.	EXPANSION		LECTURA EXTENS.	EXPANSION		LECTURA EXTENS.	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
17-Oct	10:00 a. m.	00 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
18-Oct	10:00 a. m.	24 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
19-Oct	10:00 a. m.	48 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20-Oct	10:00 a. m.	72 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
21-Oct	10:00 a. m.	96 Hrs	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

C.B.R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO

PENETRACIÓN		CARGA ESTANDAR lb/pulg ²	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
			CARGA lb	CORRECCIÓN lb	%CBR	CARGA lb	CORRECCIÓN lb	%CBR	CARGA lb	CORRECCIÓN lb	%CBR
mm.	pulg.										
0.000			0			0			0		
0.025			743			353			295		
0.050			1496			707			575		
0.075			2257			1066			834		
0.100	1000		3071		101.79%	1455		48.23%	1054		34.94%
0.150			4337			2063			1444		
0.200	1500		5530		122.20%	2621		57.92%	1800		39.77%
0.250			6509			3090			2111		
0.300			7337			3480			2387		
0.400			8745			4142			2904		
0.500			9913			4699			3385		



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Jefe de Laboratorio
Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Bach. Javier Ramos Paredes
Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CANTERA	OMEGA	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MATERIAL	BASE – SUB BASE GRANULAR	FECHA DE ENSAYO	17/10/2025
MUESTRA	M1	COORDENADAS	17 L 809246 8957480.

2. GRAFICAS CARGA VS PENETRACION



Ms. Julio César Rivasplata Díaz

Jefe de Laboratorio

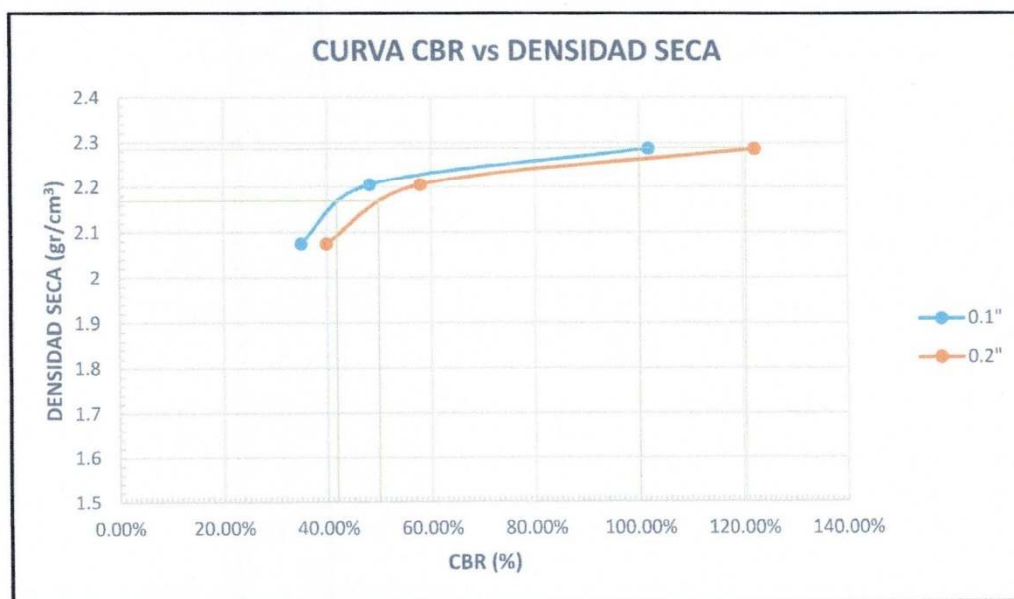
Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

Bach. Javier Ramos Paredes

Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CANTERA	OMEGA	UBICACIÓN	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
MATERIAL	BASE – SUB BASE GRANULAR	FECHA DE ENSAYO	17/10/2025
MUESTRA	M1	COORDENADAS	17 L 809246 8957480.

3. GRAFICA CBR VS DENSIDAD SECA



METODO DE COMPACTACION	ASTM D1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	2.284
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	6.45%

CBR AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	100.50%	0.2"	120.50%
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	41.90%	0.2"	50.00%



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
 Jefe de Laboratorio
 Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Bach. Javier Ramos Paredes
 Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional
 de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CANTERA	OMEGA	UBICACIÓN	DISTRITO BUENA VISTA - CASMA
MATERIAL	BASE – SUB BASE GRANULAR	FECHA DE ENSAYO	16/10/2025
MUESTRA	M1	COORDENADAS	17 L 809246 8957480

1. ENSAYO DE ABRASIÓN DE LOS ANGELES (MTC E-207)

GRADACION SEGÚN MTC	"A"
N° DE ESFERAS	12
N° DE REVOLUCIONES	500

GRADACIÓN	"A"	"B"	"C"	"D"
N° DE ESFERAS	12	11	8	6
1 1/2" - 1"	1253.30			
1" - 3/4"	1251.10			
3/4" - 1/2"	1252.00			
1/2" - 3/8"	1254.70			
3/8" - 1/4"	-			
1/4" - N°4	-			
N°4 - N°8	-			
PESO DE MUESTRA (gr)	5011.10			
PESO RETENIDO POR TAMIZ N°12 (gr)	4011.50			
PESO PASANTE POR TAMIZ N°12 (gr)	999.60			
%DESGASTE	24.92%			
PROMEDIO	24.92%			



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
 Jefe de Laboratorio
 Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Bach. Javier Ramos Paredes
 Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional
 de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CANTERA	OMEGA	UBICACIÓN	DISTRITO BUENA VISTA - CASMA
MATERIAL	BASE – SUB BASE GRANULAR	FECHA DE ENSAYO	16/10/2025
MUESTRA	M1	COORDENADAS	17 L 809246 8957480

1. ENSAYO DE PARTICULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO (MTC E-210)

A) CON UNA CARA FRACTURADA

A) CON UNA CARA FRACTURADA						
TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(gr)	(gr)	$((B/A)*100)$	(%)	$(C \times D)$
1 1/2"	1"	3003.50	2850.60	94.91%	5.87%	5.57%
1"	3/4"	1502.50	1460.30	97.19%	7.63%	7.41%
3/4"	1/2"	900.70	820.40	91.08%	7.95%	7.24%
1/2"	3/8"	900.70	805.70	89.45%	5.65%	5.05%
TOTAL		6307.40	5937.00		0.27	25.28%
PORCENTAJE DE PARTICULAS CON UNA CARA FRACTURADA					TOTAL E / TOTAL D	93.29%

B) CON DOS CARAS FRACTURADAS

A) CON DOS CARAS FRACTURADA						
TAMAÑO DEL AGREGADO		A	B	C	D	E
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(gr)	(gr)	$((B/A)*100)$	(%)	$(C \times D)$
1 1/2"	1"	3003.50	2564.20	85.37%	5.87%	5.01%
1"	3/4"	1502.50	1324.80	88.17%	7.63%	6.72%
3/4"	1/2"	900.70	720.90	80.04%	7.95%	6.36%
1/2"	3/8"	900.70	730.60	81.11%	5.65%	4.58%
TOTAL		6307.40	5340.50		0.27	22.68%
PORCENTAJE DE PARTICULAS CON DOS CARAS FRACTURADA					TOTAL E / TOTAL D	83.71%



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Jefe de Laboratorio

Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Bach. Javier Ramos Paredes

Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CANTERA	OMEGA	UBICACIÓN	DISTRITO BUENA VISTA - CASMA
MATERIAL	BASE – SUB BASE GRANULAR	FECHA DE ENSAYO	22/10/2025
MUESTRA	M1	COORDENADAS	17 L 809246 8957480

1. ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA (MTC E-114)

N° DE OCILACIONES	90
MÉTODO	AGITACIÓN MANUAL

N° MUESTRA	1	2	3
TAMAÑO MAXIMO (mm)	4.75	4.75	4.75
HORA DE ENTRADA	11:10 a. m.	11:12 a. m.	11:14 a. m.
HORA DE SALIDA	11:20 a. m.	11:22 a. m.	11:24 a. m.
PRUEBA DE ENSAYO INICIAL	11:22 a. m.	11:24 a. m.	11:26 a. m.
PRUEBA DE ENSAYO FINAL	11:42 a. m.	11:44 a. m.	11:46 a. m.
LECTURA ARENA RETENIDA (pulg)	3.40	3.50	3.40
LECTURA ARCILLA RETENIDA (pulg)	7.60	8.00	7.80
EQUIVALENTE DE ARENA (%)	44.74%	43.75%	43.59%
EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO (%)	44%		



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Jefe de Laboratorio

Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Bach. Javier Ramos Paredes
Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL - INFORME DE ENSAYO			
PROYECTO	CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA		
JEFE DE LABORATORIO	Ms. JULIO CESAR RIVASPLATA DIAZ		
TESISTAS	Bach. KIARA MERCEDES MARCHÁN LEÓN		
	Bach. SEBASTIAN EDUARDO TAMAYO CUZCA		
CANTERA	OMEGA	UBICACIÓN	DISTRITO BUENA VISTA - CASMA
MATERIAL	BASE – SUB BASE GRANULAR	FECHA DE ENSAYO	24/10/2025
MUESTRA	M1	COORDENADAS	17 L 809246 8957480

1. SALES SOLUBLES EN AGREGADOS PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES (MTC E-219)

N° DE VASO PRECIPITADO	1	2
PESO DE VASO PRECIPITADO (gr)	126.968	129.867
PESO DE VASO PRECIPITADO + RESIDUO DE SALES (gr)	127.021	129.911
PESO DE RESIDUO DE SALES (gr)	0.053	0.044
VOLUMEN DE SOLUCION TOMADA (ml)	60.00	60.00
CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN ALICUOTA (ppm)	883.333	733.333
CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN MUESTRA (ppm)	2650.000	2200.000
CONSTITUYENTES DE SALES SOLUBLES EN PESO SECO (%)	0.2650%	0.2200%
PROMEDIO (%)	0.2425%	



Ms. Julio César Rivasplata Díaz
 Jefe de Laboratorio
 Docente de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil



Bach. Javier Ramos Paredes
 Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional
 de Ingeniería Civil

7.3. ANEXO 3. MEMORIA DE CÁLCULO

7.3.1. ANEXO 3.1. DISEÑO POR EL METODO AASHTO 93

7.3.1.1. PERIODO DE DISEÑO

Se adoptó un periodo de diseño de 20 años, de acuerdo con lo establecido en el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos; Sección: Suelos y Pavimentos.

Periodo de Diseño (años)	20
--------------------------	----

7.3.1.2. CALCULO DE EJES EQUIVALENTES

De acuerdo al ANEXO 1 (ESTUDIO DE TRAFICO) se obtuvo un valor de

- $W_{18} = 2,283,599.73 \text{ EE} = 2.284 \times 10^6 \text{ EE}$

7.3.1.3. IDENTIFICACION DE TIPO DE TRAFICO

De acuerdo al Número de repeticiones acumulados de ejes equivalentes a 8.2 toneladas en el carril de diseño

TIPOS TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE	RANGOS DE TRÁFICO PESADO EXPRESADO EN EE
T_{P5}	$> 1'000,000 \text{ EE} \leq 1'500,000 \text{ EE}$
T_{P6}	$> 1'500,000 \text{ EE} \leq 3'000,000 \text{ EE}$
T_{P7}	$> 3'000,000 \text{ EE} \leq 5'000,000 \text{ EE}$
T_{P8}	$> 5'000,000 \text{ EE} \leq 7'500,000 \text{ EE}$
T_{P9}	$> 7'500,000 \text{ EE} \leq 10'000,000 \text{ EE}$
T_{P10}	$> 10'000,000 \text{ EE} \leq 12'500,000 \text{ EE}$
T_{P11}	$> 12'500,000 \text{ EE} \leq 15'000,000 \text{ EE}$
T_{P12}	$> 15'000,000 \text{ EE} \leq 20'000,000 \text{ EE}$
T_{P13}	$> 20'000,000 \text{ EE} \leq 25'000,000 \text{ EE}$
T_{P14}	$> 25'000,000 \text{ EE} \leq 30'000,000 \text{ EE}$

- Tipo de Tráfico Pesado = T_{P6}

7.3.1.4. CALCULO DEL MODULO RESILENTE

De acuerdo a los resultados obtenidos de los ensayos realizados a la subrasante se optó por trabajar con el valor más desfavorable es de la calicata C-

01 con un valor de CBR de 16.30% al 95% de la máxima densidad seca (MDS).

- $CBR (95\% \text{ de MDS}) = 16.30 \%$

De acuerdo a la correlación del Módulo Resiliente con el CBR

CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M_R) (PSI)	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M_R) (MPA)	CBR% SUB RASANTE	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M_R) (PSI)	MÓDULO RESILIENTE SUB RASANTE (M_R) (MPA)
6	8,043.00	55.45	19	16,819.00	115.96
7	8,877.00	61.20	20	17,380.00	119.83
8	9,669.00	66.67	21	17,931.00	123.63
9	10,426.00	71.88	22	18,473.00	127.37
10	11,153.00	76.90	23	19,006.00	131.04
11	11,854.00	81.73	24	19,531.00	134.66
12	12,533.00	86.41	25	20,048.00	138.23
13	13,192.00	90.96	26	20,558.00	141.74
14	13,833.00	95.38	27	21,060.00	145.20
15	14,457.00	99.68	28	21,556.00	148.62
16	15,067.00	103.88	29	22,046.00	152.00
17	15,663.00	107.99	30	22,529.00	155.33
18	16,247.00	112.02			

- $M_R = 15,247.23 \text{ PSI}$

7.3.1.5.CALCULO DE CONFIABILIDAD

De acuerdo a los valores recomendados de nivel de confiabilidad para una sola etapa de diseño para un periodo de 10 o 20 años según el tipo de trafico

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

Ya que el tráfico es T_{P6}, se obtiene:

- $R = 85\%$

7.3.1.6.CALCULO DEL COEFICIENTE ESTADISTICO DE DESVIACION

ESTANDAR NORMAL

De acuerdo a la Confiabilidad seleccionada

Coefficiente estadístico de la desviación estándar normal (Z_R) según el nivel de confiabilidad

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

- $Z_R = -1.036$

7.3.1.7.CALCULO DE LA DESVIACION ESTANDAR COMBINADA

Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos;
 Sección: Suelos y Pavimentos. Recomienda valores que estén entre 0.40 y 0.50.

Se optó por el valor:

- $S_0 = 0.45$

7.3.1.8.CALCULO DEL INDICE DE SERVICIABILIDAD

Índice de Serviciabilidad inicial (P_i)

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD INICIAL (Pi)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,00	150,000	3.80
	T _{P1}	150,001	300,000	3.80
	T _{P2}	300,001	500,000	3.80
	T _{P3}	500,001	750,000	3.80
	T _{P4}	750,001	1,000,000	3.80
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	4.00
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	4.00
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	4.00
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	4.00
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	4.00
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	4.00
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	4.00
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	4.20
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	4.20
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	4.20
	T _{P15}	>30'000,000		4.20

Se obtiene:

$$P_i = 4.00$$

Índice de Serviabilidad inicial (Pf)

TIPO DE CAMINOS	TRÁFICO	EJES EQUIVALENTES ACUMULADOS		ÍNDICE DE SERVICIABILIDAD FINAL (Pf)
Caminos de Bajo Volumen de Tránsito	T _{P0}	75,000	150,000	2.00
	T _{P1}	150,001	300,000	2.00
	T _{P2}	300,001	500,000	2.00
	T _{P3}	500,001	750,000	2.00
	T _{P4}	750,001	1,000,000	2.00
Resto de Caminos	T _{P5}	1,000,001	1,500,000	2.50
	T _{P6}	1,500,001	3,000,000	2.50
	T _{P7}	3,000,001	5,000,000	2.50
	T _{P8}	5,000,001	7,500,000	2.50
	T _{P9}	7,500,001	10'000,000	2.50
	T _{P10}	10'000,001	12'500,000	2.50
	T _{P11}	12'500,001	15'000,000	2.50
	T _{P12}	15'000,001	20'000,000	3.00
	T _{P13}	20'000,001	25'000,000	3.00
	T _{P14}	25'000,001	30'000,000	3.00
	T _{P15}	>30'000,000		3.00

Se obtiene

$$P_f = 2.50$$

Variación de la Serviabilidad

Debido a que:

$$\Delta PSI = P_f - P_i = 4.00 - 2.50 = 1.50$$

7.3.1.9.CALCULO DEL NUMERO ESTRUCTURAL

Una vez obtenido todos los parámetros involucrados en el diseño de pavimento flexible mediante el método AASHTO 93, se utiliza la fórmula para calcular el número estructural.

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

Reemplazando según los parámetros ya obtenidos:

$$\begin{aligned} \log_{10}(2\,283\,599.73) \\ &= -1.036 \times 0.45 + 9.36 \times \log_{10}(SN + 1) - 0.2 \\ &+ \frac{\log_{10}\left(\frac{1.50}{4.2-1.50}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN+1)^{5.19}}} + 2.32 \times \log_{10}(15\,247.23) - 8.07 \end{aligned}$$

Resolviendo ecuación iterada, se obtiene:

$$NR = 2.96$$

Reemplazando en ecuación

$$\rightarrow 6.3586 = 6.3586 \text{ (cumple)}$$

7.3.1.10. CALCULO DE LOS COEFICIENTES ESTRUCTURALES DE LAS CAPAS DE PAVIMENTACION

Para proponer un número estructural se requiere los valores de coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y subbase, respectivamente

Según los coeficientes estructurales propuestos por el MTC

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

Se obtiene valores de

- $a_1 = 0.170/\text{cm}$
- $a_2 = 0.052/\text{cm}$
- $a_3 = 0.047/\text{cm}$

7.3.1.11. COEFICIENTES DE DRENAJE PROPUESTOS

Para proponer un número estructural se requiere también del coeficiente de drenaje de las capas granulares de base y subbase. Este coeficiente tiene por finalidad tomar en cuenta la influencia del drenaje en la estructura del pavimento.

Para la definición de las secciones de estructuras de pavimento, el coeficiente

de drenaje para las capas de base y subbase, asumido fue de 1.00. tal como recomienda el MANUAL DEL MTC

- $m_2 = 1$
- $m_3 = 1$

7.3.1.12. NUMERO ESTRUCTURAL PROPUESTO

Para proponer una estructura de capas se utiliza la siguiente formula:

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

Donde:

a_1, a_2, a_3 = coeficientes estructurales de las capas: superficial, base y sub base, respectivamente

d_1, d_2, d_3 = espesores (en cm) de las capas: superficial, base y sub base, respectivamente

m_2, m_3 = coeficientes de drenaje para las capas de base y sub base, respectivamente

De acuerdo a los valores de coeficientes obtenidos se tiene:

$$SN_{PROPUESTO} = 0.17 \times d_1 + 0.054 \times d_2 \times 1 + 0.047 \times d_3 \times 1$$

$$SN_{PROPUESTO} = 0.17 \times d_1 + 0.054 \times d_2 + 0.047 \times d_3$$

Se propone

$$d_1 = 7.5 \text{ cm}$$

$$d_2 = 20 \text{ cm}$$

$$d_3 = 20 \text{ cm}$$

$$\rightarrow SN_{PROPUESTO} = 0.17 \times 7.5 + 0.052 \times 20 + 0.047 \times 20$$

$$\rightarrow SN_{PROPUESTO} = 3.255$$

Se propuso como mínimo dicho espesor para d_1 (carpeta asfáltica), tomando como referencia la Norma CE.010 “Pavimentos Urbanos”, la cual establece

los requisitos mínimos de diseño para cada tipo de vía. En el caso específico de una vía colectora, se exige un espesor mínimo de 60 mm, por lo que dicho valor fue adoptado en el presente diseño.

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

Notas: * N.A.: No aplicable; ** N.R.: No Recomendable; *** El concreto asfáltico debe ser hecho preferentemente con mezcla en caliente. Donde el Proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificado.

De ahí se tiene

$$d_1 \text{ (mínimo)} = 60 \text{ mm}$$

Luego

$$SN_{PROPUESTO} > SN_{DISEÑO}$$

$$3.255 > 2.96$$

Entonces las capas propuestas son ACEPTABLES

6.2.2.1. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE (MÉTODO AASHTO 93)

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante el método de diseño AASHTO 1993, la estructura final del pavimento presenta un espesor total de 47.5 cm, distribuidos en las siguientes capas:

- ✓ Carpeta asfáltica: 7.5 cm (3”) de espesor.
- ✓ Base granular: 20 cm (8 “) de espesor.
- ✓ Subbase granular: 20 cm (8”) de espesor.



7.3.2. ANEXO 3.2. DISEÑO POR EL METODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

7.3.2.1.PERIODO DE DISEÑO

Se adoptó un periodo de diseño de 20 años.

Periodo de Diseño (años)	20
--------------------------	----

7.3.2.2.CALCULO DE EJES EQUIVALENTES

De acuerdo al ANEXO 1 (ESTUDIO DE TRAFICO) se obtuvo un valor de

- $EAL = 2,549,872.44$ EE = 2.50×10^6 EE

7.3.2.3.CALCULO DEL MODULO RESILENTE

Cálculo de percentil de diseño

De acuerdo a el valor de percentil del M_R para diseño de la sub rasante, de acuerdo a nivel de tránsito.

Nivel de Tráfico EAL	Valor de la Subrasante de Diseño
10^4 ó menos	60
Entre 10^4 y 10^6	75
10^6 ó más	87,5

Se obtiene un valor de 87.5%

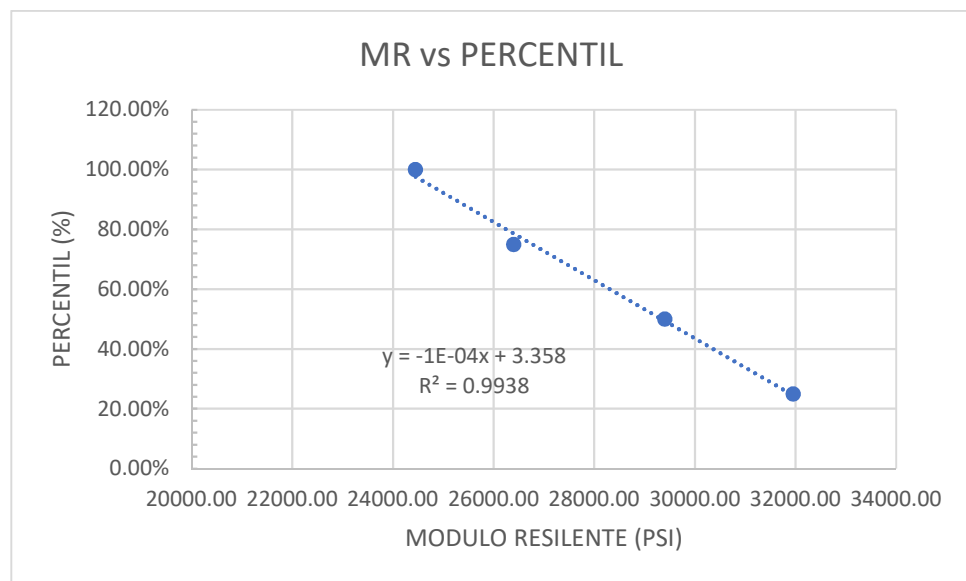
Del estudio de suelos:

CALICATA DE CONTROL	CBR (%)	MODULO RESILENTE	
		PSI	MPA
C-01	16.30	24450.00	167.89
C-02	19.60	29400.00	201.88
C-03	17.60	26400.00	181.28
C-04	21.30	31950.00	219.39

Relación entre percentil y Modulo Resiliente

MR (PSI)	MR ORDENADO (de menor a mayor)	VALORES $\geq M_{ri}$	PERCENTIL (%)
24450.00	24450.00	4	100.00%
29400.00	26400.00	3	75.00%
26400.00	29400.00	2	50.00%
31950.00	31950.00	1	25.00%
Total		4	

Se obtiene la siguiente grafica

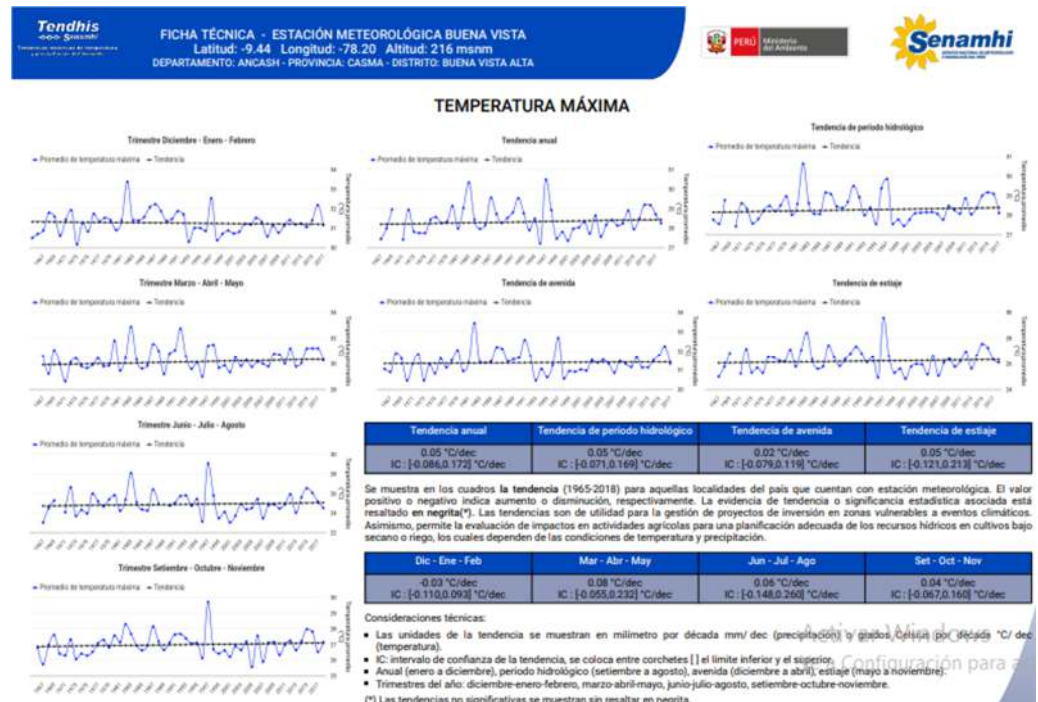


De acuerdo a la gráfica se resuelve que para un percentil de 87.5% se obtiene un valor de Modulo Resiliente de 24830 PSI o 2.48×10^4 PSI.

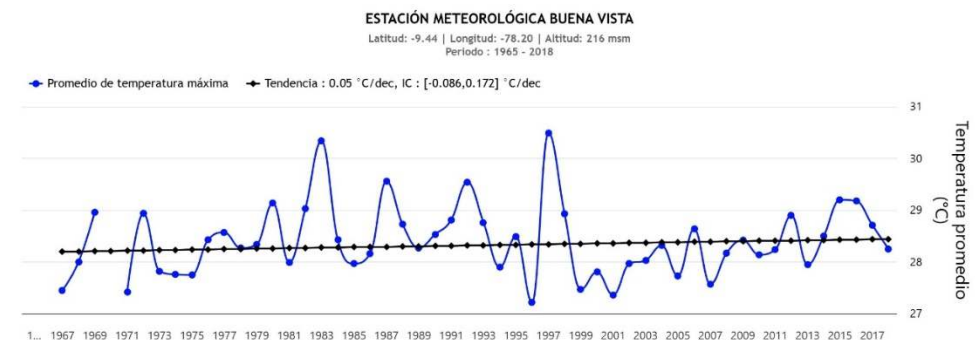
7.3.2.4.FACTORES AMBIENTALES DE TEMPERATURA

Uno de los parámetros a tener en cuenta en el análisis es el factor climático, dado que las condiciones meteorológicas pueden influir significativamente en el flujo vehicular. Por ello, se sugiere tomar los datos de la estación meteorológica más cercana, establecida y gestionada por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), con el fin de incorporar información confiable y representativa sobre las condiciones climáticas de la zona de estudio.

Ficha Técnica Estación Meteorológica:



Según datos de la Estación:



De acuerdo a los datos se obtiene:

TEMPERATURA PROMEDIO ANUAL ULTIMOS 10 AÑOS SEGÚN SENAMHI	
AÑO	TEMPERATURA EN °C
2018	28.25
2017	28.71
2016	29.18
2015	29.2
2014	28.5
2013	27.95
2012	28.9
2011	28.24
2010	28.14
2009	28.42
PROMEDIO	28.55

Según la tabla propuesta por el Manual del Instituto del Asfalto, se seleccionan las condiciones de temperatura que se tomarán en cuenta para las cartas de diseño.

Condición de temperatura	Calidades de Asfalto *	
Fría, temperatura promedio anual del aire $\leq 7^{\circ}\text{C}(45^{\circ}\text{F})$	CA-5, AR-2000, 120/150 pen.	CA-10 AR-4000 85/100 pen.
Caliente, temperatura promedio anual del aire entre $7^{\circ}\text{C}(45^{\circ}\text{F})$ y $24^{\circ}\text{C}(75^{\circ}\text{F})$	CA-10 AR-4000 85/100 pen.	CA-20 AR-8000 60/70 pen.
Caliente, temperatura promedio anual del aire $\geq 24^{\circ}\text{C}(75^{\circ}\text{F})$	CA-20 AR-8000 60/70 pen.	CA-40 AR-16000 40/50 pen.

Se obtiene según los factores ambientales se utilizarán las cartas de diseño que tienen una temperatura de $>24^{\circ}\text{C}(75^{\circ}\text{F})$

7.3.2.5.ESPESTORES MINIMOS DE CARPETA DE ASFALTO

Considerando nuestro cálculo de EAL, tenemos que tomar valores mínimos que el manual del Instituto del Asfalto establece.

Tráfico EAL	Condición de Tráfico	Espesor Mínimo de Concreto Asfáltico
10^4 o menos	Parques de estacionamiento de tráfico ligero, entradas de autos y caminos rurales	75 mm (3.0 in.)*
	Entre 10^4 & 10^6	100 mm (4.0 in.)
10^6 ó más	Tráfico pesado del camión	125 mm (5.0 in.) o mayor

Como mínimo se tiene que tener un espesor de carpeta de 5 pulgadas.

Otro valor para mínimo dicho espesor de carpeta asfáltica, tomando como referencia la Norma CE.010 “Pavimentos Urbanos”, la cual establece los requisitos mínimos de diseño para cada tipo de vía. En el caso específico de una vía colectora, se exige un espesor mínimo de 60 mm

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

Notas: * N.A.: No aplicable; ** N.R.: No Recomendable; *** El concreto asfáltico debe ser hecho preferentemente con mezcla en caliente. Donde el Proyecto considere mezclas en frío, estas deben ser hechas con asfalto emulsificado.

Se compararon ambos valores mínimos: 5 pulgadas (12.5 cm) según el Instituto del Asfalto y 6 cm según la Norma CE.010. Se adoptó el valor más desfavorable, fijando un espesor mínimo de 5 pulgadas (12.5 cm) para la capa asfáltica.

7.3.2.6. SELECCIÓN DE TIPO DE BASE

Según el Manual del Instituto del Asfalto, se ofrecen diversas formas de trabajar la base de la estructura de asfalto; en este caso, se eligió utilizar una base de agregado no tratada.

7.3.2.7. DIMENSIONAMIENTO DE ESTRUCTURA

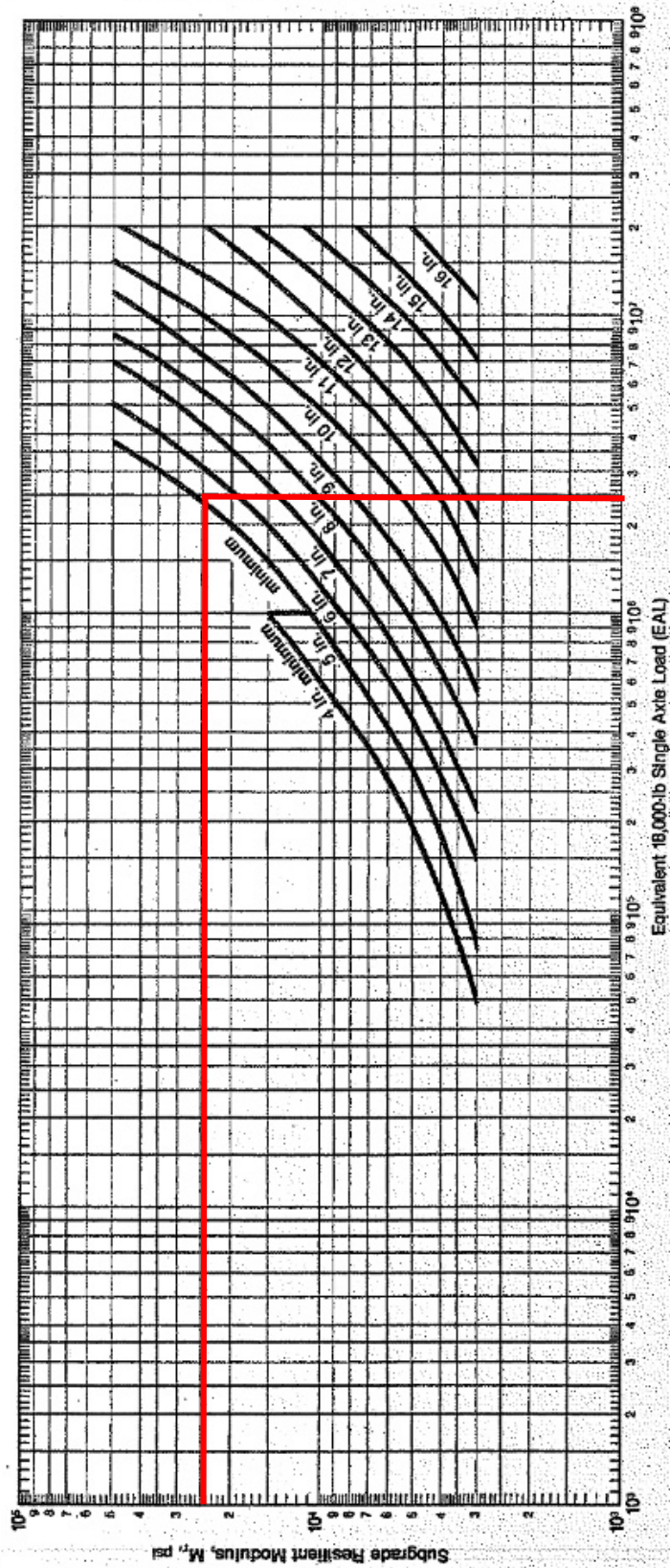
De acuerdo con la temperatura y el tipo de base seleccionados, se pueden utilizar las cartas de diseño A-35 y A-36 del Manual del Instituto del Asfalto.

- ✓ Modulo Resiliente = 2.48×10^4 PSI
- ✓ Temperatura = 75 °F
- ✓ EAL = 2.50×10^6 EE

Cartas de Diseño para seleccionar espesor:

Untreated Aggregate Base 12.0 in. Thickness

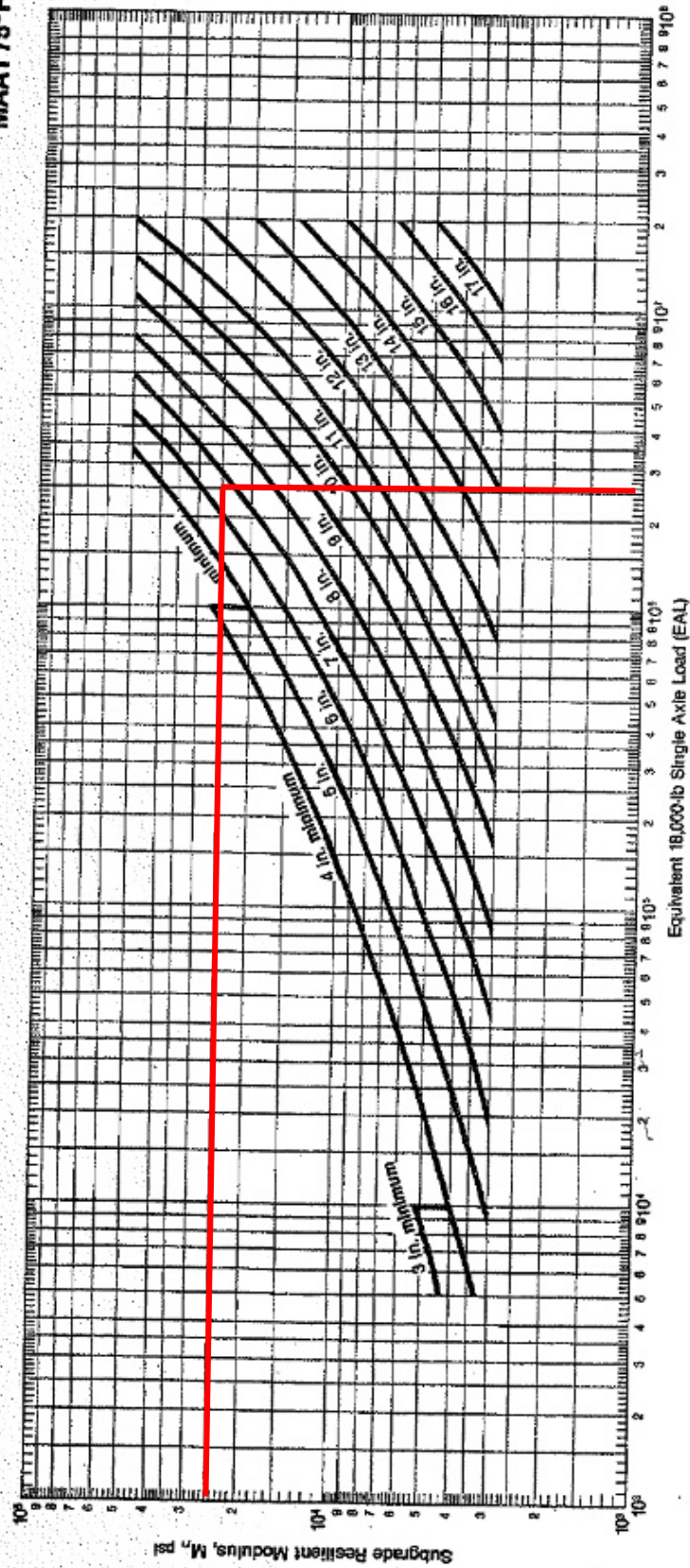
MAAT 75°F



Design Chart A-36

Untreated Aggregate Base 6.0 in. Thickness

MAAT 75°F



Design Chart A-35

7.3.2.8. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE (MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO)

De acuerdo con los resultados obtenidos a partir de las cartas de diseño, se presentan dos alternativas: la primera corresponde a capas de base y subbase granular con un espesor total de 6 pulgadas y una carpeta asfáltica de 7 pulgadas; la segunda considera capas de base y subbase granular con un espesor total de 12 pulgadas y una carpeta asfáltica de 5.0 pulgadas. Se opta por trabajar con la segunda alternativa, ya que proporciona mayor resistencia y durabilidad al pavimento.

De acuerdo con los resultados obtenidos mediante el método de diseño INSTITUTO DEL ASFALTO, la estructura final del pavimento presenta un espesor total de 42.50 cm, distribuidos en las siguientes capas:

- ✓ Carpeta asfáltica: 5 pulgadas (12.5 cm de espesor)
- ✓ Base granular: 6 pulgadas (15 cm de espesor)
- ✓ Subbase granular: 6 pulgadas (15 cm de espesor)



7.3.3. ANEXO 3.3. DISEÑO POR EL METODO MECANISTICO EMPIRICO

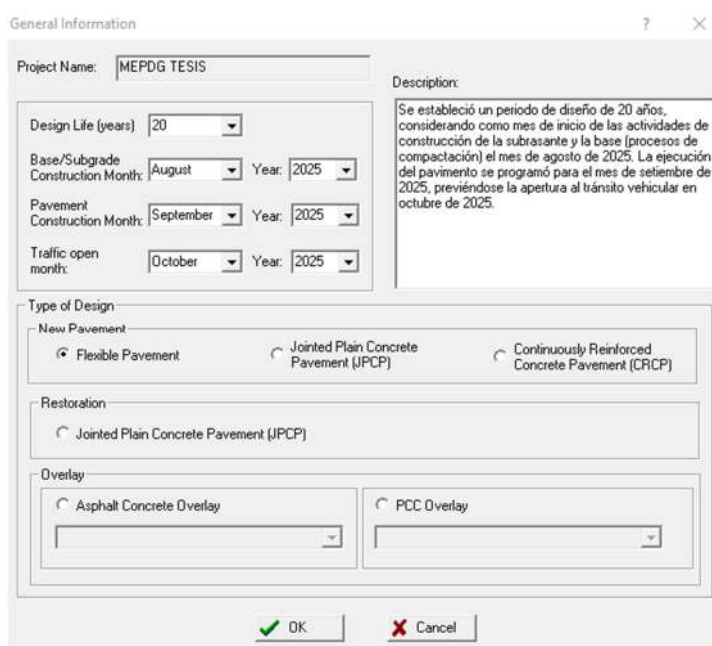
MEPDG

7.3.3.1.DATOS INICIALES

Se estableció un periodo de diseño de 20 años, considerando como mes de inicio de las actividades de construcción de la subrasante y la base (procesos de compactación) el mes de agosto de 2025. La ejecución del pavimento se programó para el mes de setiembre de 2025, y la apertura al tránsito vehicular se estimó para el mes de octubre de 2025.

Estas fechas se definieron en función de los estudios de conteo vehicular realizados en julio de 2025, asegurando que los volúmenes y características de tráfico utilizados representen de manera fiel las condiciones iniciales de operación.

Asimismo, los datos mencionados fueron empleados como parámetros iniciales de entrada en el software de diseño de pavimentos, garantizando la coherencia temporal entre las condiciones de tránsito, las etapas constructivas y el inicio del periodo de análisis estructural.



General Information

Project Name: **MEPDG TESIS**

Description:
 Se estableció un periodo de diseño de 20 años, considerando como mes de inicio de las actividades de construcción de la subrasante y la base (procesos de compactación) el mes de agosto de 2025. La ejecución del pavimento se programó para el mes de setiembre de 2025, previéndose la apertura al tránsito vehicular en octubre de 2025.

Design Life (years): **20**

Base/Subgrade Construction Month: **August** Year: **2025**

Pavement Construction Month: **September** Year: **2025**

Traffic open month: **October** Year: **2025**

Type of Design

New Pavement

☒ Flexible Pavement ☐ Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP) ☐ Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCP)

Restoration

☐ Jointed Plain Concrete Pavement (JPCP)

Overlay

☐ Asphalt Concrete Overlay ☐ PCC Overlay

OK Cancel

7.3.3.2.PARAMETROS DE ANALISIS

En esta sección se presentan los criterios de diseño considerados para la evaluación del desempeño estructural del pavimento durante el periodo de diseño establecido.

	Limit	Reliability
☒ Terminal IRI (in/mile)	172	90
☒ AC Surface Down Cracking Long. Cracking (ft/mi)	2000	90
☒ AC Bottom Up Cracking Alligator Cracking (%)	25	90
☒ AC Thermal Fracture (ft/mi)	1000	90
☒ Chemically Stabilized Layer Fatigue Fracture(%)	25	90
☒ Permanent Deformation - Total Pavement (in)	0.75	90
☒ Permanent Deformation - AC Only (in)	0.25	90

7.3.3.3.ANALISIS DE TRAFICO

7.3.3.3.1. FACTOR DE AJUSTE MENSUAL

Para la determinación de este valor, se tomó como referencia la información contenida en la Hoja A4.CF emitida por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).

Traffic Volume Adjustment Factors

☒ Monthly Adjustment
 ☒ Vehicle Class Distribution
 ☒ Hourly Distribution
 ☒ Traffic Growth Factors

Load Monthly Adjustment Factors (MAF)

☒ Level 1: Site Specific - MAF
 ☐ Level 3: Default MAF

Monthly Adjustment Factors

Month	Class 4	Class 5	Class 6	Class 7	Class 8	Class 9	Class 10	Class 11	Class 12	Class 13
January	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
February	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
March	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
April	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
May	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
June	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07
July	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
August	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
September	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
October	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
November	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
December	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

7.3.3.3.2. DISTRIBUCION DE CLASE DE VEHICULOS

Se considera de acuerdo a la siguiente tabla, se obtiene del Anexo1.

Estudio de Trafico:

CLASE	N° DE VEHICULOS	PORCENTAJE
CLASE 4	1	0.8%
CLASE 5	92	73.0%
CLASE 6	23	18.3%
CLASE 7	5	4.0%
CLASE 8	0	0.0%
CLASE 9	3	2.4%
CLASE 10	2	1.6%
CLASE 11	0	0.0%
CLASE 12	0	0.0%
CLASE 13	0	0.0%
TOTAL	126	100.0%

Datos de ingreso en el software:

Traffic Volume Adjustment Factors

☒ Monthly Adjustment
 ☒ Vehicle Class Distribution
 ☒ Hourly Distribution
 ☒ Traffic Growth Factors

AADTT distribution by vehicle class

Class 4	0.8	
Class 5	73.0	
Class 6	18.2	
Class 7	4.0	
Class 8	0.0	
Class 9	2.4	
Class 10	1.6	
Class 11	0.0	
Class 12	0.0	
Class 13	0.0	
Total	100.0	

Note: AADTT distribution must total 100%.

Load Default Distribution

☐ Level 1: Site Specific Distribution
☐ Level 2: Regional Distribution
☒ Level 3: Default Distribution

7.3.3.3.3. DISTRIBUCION HORARIA

Distribución horaria de camiones por periodos, también se obtiene del

Anexo1. Estudio de Trafico:

Traffic Volume Adjustment Factors

☒ Monthly Adjustment
 ☒ Vehicle Class Distribution
 ☒ Hourly Distribution
 ☒ Traffic Growth Factors

Hourly truck traffic distribution by period beginning:

Midnight	0.3	Noon	9.2
1:00 am	0.6	1:00 pm	6.8
2:00 am	0.6	2:00 pm	7.0
3:00 am	2.3	3:00 pm	6.5
4:00 am	2.3	4:00 pm	4.8
5:00 am	2.2	5:00 pm	11.1
6:00 am	3.8	6:00 pm	3.9
7:00 am	6.2	7:00 pm	5.8
8:00 am	1.8	8:00 pm	2.4
9:00 am	5.8	9:00 pm	2.7
10:00 am	7.8	10:00 pm	0.8
11:00 am	5.2	11:00 pm	0.1

Note: The hourly distribution must total 100%

Total:

7.3.3.3.4. FACTOR DE CRECIMIENTO

De acuerdo al formato A5.TC del MTC se elige el valor de la tasa de crecimiento anual.

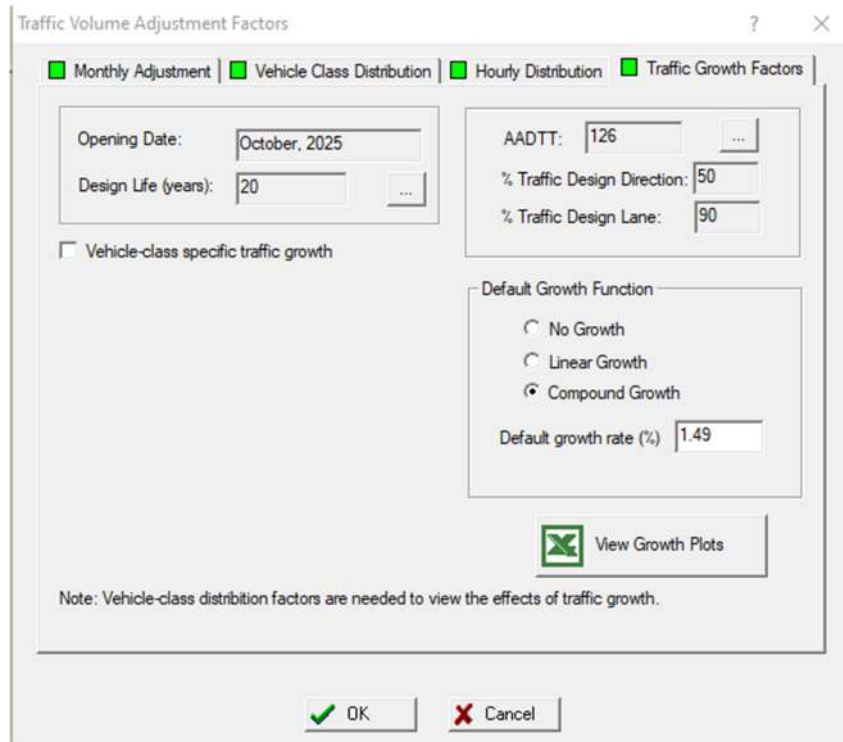
Tasa de Crecimiento Anual de Vehículos Ligeros		Tasa de Crecimiento Anual de Vehículos Pesados	
Amazonas.	1.12%	Amazonas.	2.69%
Ancash.	2.33%	Ancash.	1.49%
Apurímac.	1.13%	Apurímac.	4.50%
Arequipa.	2.90%	Arequipa.	2.97%
Ayacucho.	1.83%	Ayacucho.	2.90%
Cajamarca.	3.05%	Cajamarca.	1.45%
Cusco.	2.77%	Cusco.	3.07%
Huancavelica.	1.17%	Huancavelica.	2.00%
Huánuco.	1.94%	Huánuco.	3.03%
Ica.	1.10%	Ica.	2.62%
Junín.	2.04%	Junín.	2.84%
La Libertad.	2.61%	La Libertad.	2.21%
Lambayeque.	2.40%	Lambayeque.	2.54%
Lima Provincias.	2.61%	Lima Provincias.	2.34%
Loreto.	0.12%	Loreto.	1.48%
Madre de Dios.	2.22%	Madre de Dios.	1.38%
Moquegua.	1.97%	Moquegua.	0.58%
Pasco.	1.72%	Pasco.	0.39%
Piura.	2.38%	Piura.	2.37%
Puno.	2.47%	Puno.	2.58%
San Martín.	2.11%	San Martín.	2.88%
Tacna.	2.13%	Tacna.	2.36%
Tumbes.	0.81%	Tumbes.	2.40%
Ucayali.	1.73%	Ucayali.	2.25%

- $r = 1.49\%$

De acuerdo con el Anexo 1: Estudio de Tráfico, también se obtiene el valor de la cantidad promedio anual de camiones que transitan por la vía, denominado IMDA (Índice Medio Diario Anual de camiones).

- $AADTT = 126$

Se ingresa los datos:



Traffic Volume Adjustment Factors

☒ Monthly Adjustment | ☒ Vehicle Class Distribution | ☒ Hourly Distribution | ☒ Traffic Growth Factors

Opening Date: October, 2025
Design Life (years): 20

☐ Vehicle-class specific traffic growth

AADTT: 126
% Traffic Design Direction: 50
% Traffic Design Lane: 90

Default Growth Function:
☐ No Growth
☐ Linear Growth
☒ Compound Growth
 Default growth rate (%): 1.49

☒ View Growth Plots

Note: Vehicle-class distribution factors are needed to view the effects of traffic growth.

OK Cancel

7.3.3.3.5. FACTOR DE DISTRIBUCION DE CARGA POR EJE

Se distribuye los siguientes factores para ejes simples, tándem y tridem:

Axle Load Distribution Factors

Axle Load Distribution

☐ Level 1: Site Specific

☐ Level 2: Regional

☒ Level 3: Default

View

☐ Cumulative Distribution

☒ Distribution

Axle Types

☒ Single Axle

☐ Tandem Axle

☐ Tridem Axle

☐ Quad Axle

Axle Factors by Axle Type

Season	Veh. Class	Total	3000	4000	5000	6000	700
January	4	100.00	1.8	0.96	2.91	3.99	6.8
January	5	100.00	10.05	13.21	16.42	10.61	9.22
January	6	100.00	2.47	1.78	3.45	3.95	6.7
January	7	100.00	2.14	0.55	2.42	2.7	3.21
January	8	100.00	11.65	5.37	7.84	6.99	7.99
January	9	100.00	1.74	1.37	2.84	3.53	4.93
January	10	100.00	3.64	1.24	2.36	3.38	5.18
January	11	100.00	3.55	2.91	5.19	5.27	6.32
January	12	100.00	6.68	2.29	4.87	5.86	5.97
January	13	100.00	8.88	2.67	3.81	5.23	6.03

7.3.3.3.6. ENTRADAS GENERALES DE TRAFICO

Se tendrá en cuenta los siguientes datos de entrada:

Ubicación media de las ruedas	18 plg
Desviación Estándar de transito	10 plg
Ancho de Carril	12 plg
Numero de Ejes por tipo de vehículo	Defecto

Espaciamiento entre ejes de un sistema tridem	49.2 plg		
Espaciamiento entre ejes de un sistema tándem	51.6 plg		
Presión de inflado de neumáticos	120 psi		
Espacio de doble llanta	12 plg		
Ancho promedio de eje	8.5 ft		
Distancia promedio entre ejes	corto	medio	largo
	12 ft	15 ft	18 ft
	33%	33%	34%

7.3.3.4.ANALISIS DE CLIMA

Para este parámetro se elaboró una hoja de datos climáticos formulada conforme a los requerimientos establecidos por la metodología MEPDG (Mechanistic-Empirical Pavement Design Guide). Dicha hoja incluye las

variables meteorológicas necesarias para la modelación del comportamiento del pavimento frente a las condiciones ambientales locales.

Los datos meteorológicos fueron obtenidos del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), tomando como referencia la estación más cercana al ámbito del proyecto, con el fin de garantizar la representatividad de las condiciones climáticas.



Aquí se Carga el archivo que se llama CASMA.icm

Environment/Climatic

Current climatic data file: C:\Users\Usuario\Downloads\CASMA.icm

Import previously generated climatic data file.
 Generate new climatic data file

Latitude (degrees.minutes)
 -78.20
 Longitude (degrees.minutes)
 216
 Elevation (ft)

☐ Seasonal
 Depth of water table (ft)
 Annual average 50

Note: Ground water table depth is a positive number measured from the pavement surface.

7.3.3.5.PROPIEDADES DE LAS CAPAS ESTRUCTURALES

Los valores a ingresar se obtienen del Anexo2. Ensayos de Laboratorio

7.3.3.5.1. CARPETA ASFALTICA

Asphalt Material Properties

Level: 3

Asphalt material type: Asphalt concrete

Layer thickness (in): 3

☒ Asphalt Mix ☒ Asphalt Binder ☒ Asphalt General

Options - At Short Term Aging - RTFO

☐ Superpave binder grading

☐ Conventional viscosity grade

☒ Conventional penetration grade

Pen Grade

☐ Pen 40-50

☐ Pen 60-70

☒ Pen 85-100

☐ Pen 120-150

☐ Pen 200-300

A: 10.8232 VTS: -3.6210

OK Cancel View HMA Plots

7.3.3.5.2. BASE Y SUB BASE GRANULAR

Unbound Layer - Layer #2

Unbound Material: A-1-a Thickness(in): 6 Last layer

☒ Strength Properties ☒ ICM

☐ Range ☒ Mean

Export Import Update

Sieve	Percent Passing
0.001mm	
0.002mm	
0.020mm	
#200	5.27
#100	10.04
#80	
#60	22.85
#50	
#40	26.73
#30	
#20	32.48
#16	
#10	42.83
#8	
#4	58.49
3/8"	72.80
1/2"	78.45
3/4"	86.40
1"	94.02
1 1/2"	99.90
2"	100
2 1/2"	
3"	
3 1/2"	

Plasticity Index (PI): 0

Liquid Limit (LL): 0

Compacted Layer: ☒ Yes

Index Properties from Sieve Analysis

% Passing #200: 5.3

% Passing #40: 26.7

% Passing #4: 58.5

D10 (mm): 0.1491

D20 (mm): 0.2231

D30 (mm): 0.6638

D60 (mm): 5.11

D90 (mm): 21.63

User Overridable Index Properties

Maximum Dry Unit Weight(pcf): ☐ 131.4

Specific Gravity, Gs: ☒ 2.65

Sat. Hydraulic Conductivity(ft/hr): ☐ 0.025

Optimum gravimetric water content(%): ☐ 7.2

Degree of Saturation at Optimum(%): ☐ 73.7

User Overridable Soil Water Characteristic Curve

af: ☐ 7.071

bf: ☐ 2.097

cf: ☐ 0.8417

hr: ☐ 100

OK Cancel

7.3.3.5.3. SUB RASANTE

Unbound Layer - Layer #4

Unbound Material: Thickness(in): ☒ Last layer

☒ Strength Properties ☒ ICM

☐ Range ☒ Mean

Sieve	Percent Passing
0.001mm	
0.002mm	
0.020mm	
#200	2.54
#100	19.76
#80	
#60	53.71
#50	
#40	67.25
#30	
#20	79.71
#16	
#10	94.36
#8	
#4	99.34
3/8"	100
1/2"	100
3/4"	100
1"	100
1 1/2"	100
2"	100
2 1/2"	
3"	100
3 1/2"	

Export Import Update

Plasticity Index (PI)	0
Liquid Limit (LL)	0
Compacted Layer	☒ Yes
Index Properties from Sieve Analysis	
% Passing #200	2.5
% Passing #40	67.3
% Passing #4	99.3
D10 (mm)	0.1013
D20 (mm)	0.1505
D30 (mm)	0.175
D60 (mm)	0.3199
D90 (mm)	1.593
User Overridable Index Properties	
Maximum Dry Unit Weight(pcf)	☒ 120.0
Specific Gravity, Gs	☒ 2.65
Sat. Hydraulic Conductivity(ft/hr)	☐ 0.0079
Optimum gravimetric water content(%)	☐ 10.1
Degree of Saturation at Optimum(%)	☐ 70.9
User Overridable Soil Water Characteristic Curve	
af	☐ 3.656
bf	☐ 3.127
cf	☐ 0.9608
hr	☐ 100

OK Cancel

7.3.3.6. PROPUESTA DE DISEÑO SELECCIONADA PARA VERIFICACION POR PROCESAMIENTO

Una vez ingresados los datos correspondientes a cada una de las capas del pavimento (subrasante, subbase, base y carpeta asfáltica), se procede a proponer una estructura inicial de diseño que cumpla con los espesores y propiedades mecánicas requeridas por el software de análisis mecanístico-empírico (MEPDG).

Con esta estructura preliminar, se ejecuta la simulación en el software, permitiendo evaluar las respuestas estructurales y funcionales del pavimento frente a las condiciones de carga, clima y tráfico establecidas. Posteriormente, los resultados obtenidos son comparados con los valores

umbrales o criterios de desempeño definidos en las normas de diseño.

Propuesta Estructural:

- ✓ Espesor de carpeta asfáltica: 3pulg.
- ✓ Espesor de Base Granular: 6 pulg
- ✓ Espesor de Sub Base Granular: 6 pulg.

Modelamiento de capas:

Structure

Surface short-wave absorptivity:

Layers

Layer	Type	Material	Thicknes	Interface
1	Asphalt	Asphalt concrete	3.0	1
2	Granular Base	A-1-a	6.0	1
3	Granular Base	A-1-a	6.0	1
4	Subgrade	A-3	Semi-infini	n/a

Insert Delete Edit

Opening Date: Design Life (years): ...

OK Cancel

7.3.3.7. VERIFICACION DE RESULTADOS

7.3.3.7.1. RESUMEN DE ENTRADA

Project: MEPDG TESIS

General Information

Design Life	20 years
Base/Subgrade construction:	August, 2025
Pavement construction:	September, 2025
Traffic open:	October, 2025
Type of design	Flexible

Description:

Se estableció un periodo de diseño de 20 años, considerando como mes de inicio de las actividades de construcción de la subrasante y la base (procesos de compactación) el mes de agosto de 2025. La ejecución del pavimento se programó para el mes de setiembre de 2025, previéndose la apertura al tránsito vehicular en octubre de 2025.

Analysis Parameters

Performance Criteria

Limit Reliability

Initial IRI (in/mi)	63	
Terminal IRI (in/mi)	172	90
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0.25	90
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0.75	90
Reflective cracking (%):	100	

Location:	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
Project ID:	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA
Section ID:	C.P. VILLA HERMOSA - CASMA

Date: 11/11/2025

Station/milepost format: Miles: 0.000

Station/milepost begin:

Station/milepost end:

Traffic direction: East bound

0
0.6214

Default Input Level

Default input level Level 3, Default and historical agency values.

Traffic

Initial two-way AADTT:	126
Number of lanes in design direction:	2
Percent of trucks in design direction (%):	50
Percent of trucks in design lane (%):	90
Operational speed (mph):	50

Traffic -- Volume Adjustment Factors

Monthly Adjustment Factors (Level 3, Default MAF)

Month	Vehicle Class									
	Class 4	Class 5	Class 6	Class 7	Class 8	Class 9	Class 10	Class 11	Class 12	Class 13
January	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
February	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
March	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
April	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
May	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
June	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07
July	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
August	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01
September	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03	1.03
October	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94
November	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92	0.92
December	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90	0.90

Vehicle Class Distribution

(Level 3, Default Distribution)

AADTT distribution by vehicle class

Class 4	0.8%
Class 5	73.0%
Class 6	18.2%
Class 7	4.0%
Class 8	0.0%
Class 9	2.4%
Class 10	1.6%
Class 11	0.0%
Class 12	0.0%
Class 13	0.0%

Hourly truck traffic distribution

by period beginning:

Midnight	0.3%	Noon	9.2%
1:00 am	0.6%	1:00 pm	6.8%
2:00 am	0.6%	2:00 pm	7.0%
3:00 am	2.3%	3:00 pm	6.5%
4:00 am	2.3%	4:00 pm	4.8%
5:00 am	2.2%	5:00 pm	11.1%
6:00 am	3.8%	6:00 pm	3.9%
7:00 am	6.2%	7:00 pm	5.8%
8:00 am	1.8%	8:00 pm	2.4%
9:00 am	5.8%	9:00 pm	2.7%
10:00 am	7.8%	10:00 pm	0.8%
11:00 am	5.2%	11:00 pm	0.1%

Traffic Growth Factor

Vehicle Class	Growth Rate	Growth Function
Class 4	1.5%	Compound
Class 5	1.5%	Compound
Class 6	1.5%	Compound
Class 7	1.5%	Compound
Class 8	1.5%	Compound
Class 9	1.5%	Compound
Class 10	1.5%	Compound
Class 11	1.5%	Compound
Class 12	1.5%	Compound
Class 13	1.5%	Compound

Traffic -- Axle Load Distribution Factors

Level 3: Default

Traffic -- General Traffic Inputs

Mean wheel location (inches from the lane marking):	18
Traffic wander standard deviation (in):	10
Design lane width (ft):	12

Number of Axles per Truck

Vehicle Class	Single Axle	Tandem Axle	Tridem Axle	Quad Axle
Class 4	1.62	0.39	0.00	0.00
Class 5	2.00	0.00	0.00	0.00
Class 6	1.02	0.99	0.00	0.00
Class 7	1.00	0.26	0.83	0.00
Class 8	2.38	0.67	0.00	0.00
Class 9	1.13	1.93	0.00	0.00
Class 10	1.19	1.09	0.89	0.00
Class 11	4.29	0.26	0.06	0.00
Class 12	3.52	1.14	0.06	0.00
Class 13	2.15	2.13	0.35	0.00

Axle Configuration

Average axle width (edge-to-edge) outside dimensions,ft): 8.5

Dual tire spacing (in): 12

Axle Configuration

Tire Pressure (psi) : 120

Average Axle Spacing

Tandem axle(ksi): 51.6

Tridem axle(ksi): 49.2

Quad axle(ksi): 49.2

Climate

icm file:

C:\Users\Usuario\Downloads\CASMA.icm

Latitude (degrees.minutes) -9.44

Longitude (degrees.minutes) -78.2

Elevation (ft) 216

Depth of water table (ft) 50

Structure--Design Features

HMA E* Predictive Model: NCHRP 1-37A viscosity based model.

HMA Rutting Model coefficients: NCHRP 1-37A coefficients

Endurance Limit (microstrain): None (0 microstrain)

Structure--Layers

Layer 1 -- Asphalt concrete

Material type: Asphalt concrete
 Layer thickness (in): 3

General Properties

General

Reference temperature (F°): 70

Volumetric Properties as Built

Effective binder content (%): 11.6

Air voids (%): 7

Total unit weight (pcf): 150

Poisson's ratio: 0.35 (user entered)

Thermal Properties

Thermal conductivity asphalt (BTU/hr-ft-F°): 0.67

Heat capacity asphalt (BTU/lb-F°): 0.23

Asphalt Mix

Cumulative % Retained 3/4 inch sieve: 5

Cumulative % Retained 3/8 inch sieve: 30

Cumulative % Retained #4 sieve: 46

% Passing #200 sieve: 4

Asphalt Binder

Option: Conventional penetration grade

Viscosity Grade Pen 85-100

A 10.8232 (correlated)

VTS: -3.621 (correlated)

Thermal Cracking Properties

Average Tensile Strength at 14°F: 362.17

Mixture VMA (%): 18.6

Aggregate coeff. thermal contraction (in./in.): 0.000005

Mix coeff. thermal contraction (in./in./°F): 0.000013

Load Time (sec)	Low Temp. -4°F (1/psi)	Mid. Temp. 14°F (1/psi)	High Temp. 32°F (1/psi)
1	3.1E-07	5E-07	6.83E-07
2	3.4E-07	5.82E-07	8.69E-07
5	3.84E-07	7.12E-07	1.19E-06
10	4.21E-07	8.29E-07	1.52E-06
20	4.62E-07	9.65E-07	1.93E-06
50	5.21E-07	1.18E-06	2.66E-06
100	5.71E-07	1.37E-06	3.39E-06

Layer 2 -- A-1-a

Unbound Material: A-1-a
 Thickness(in): 6

Strength Properties

Input Level: Level 2
 Analysis Type: ICM inputs (ICM Calculated Modulus)
 Poisson's ratio: 0.35
 Coefficient of lateral pressure, K_0 : 0.5
 CBR: 100
 Modulus (calculated) (psi): 48685

ICM Inputs

Gradation and Plasticity Index
 Plasticity Index, PI: 0
 Liquid Limit (LL) 0
 Compacted Layer Yes
 Passing #200 sieve (%): 5.3
 Passing #40 26.7
 Passing #4 sieve (%): 58.5
 D10(mm) 0.1491
 D20(mm) 0.2231
 D30(mm) 0.6638
 D60(mm) 5.11
 D90(mm) 21.63

Sieve	Percent Passing
0.001mm	
0.002mm	
0.020mm	
#200	5.27
#100	10.04
#80	
#60	22.85
#50	
#40	26.73
#30	
#20	32.48
#16	
#10	42.83
#8	
#4	58.49
3/8"	72.8
1/2"	78.45
3/4"	86.4
1"	94.02
1 1/2"	99.9
2"	100
2 1/2"	
3"	
3 1/2"	
4"	

Calculated/Derived Parameters

Maximum dry unit weight (pcf): 131.4 (derived)
 Specific gravity of solids, G_s : 2.65 (user input)
 Saturated hydraulic conductivity (ft/hr): 0.0252 (derived)
 Optimum gravimetric water content (%): 7.2 (derived)
 Calculated degree of saturation (%): 73.7 (calculated)

Soil water characteristic curve parameters: Default values

Parameters	Value
a	7.0712
b	2.097
c	0.84169
Hr.	100

Layer 3 -- A-1-a

Unbound Material: A-1-a
 Thickness(in): 6

Strength Properties

Input Level: Level 2
 Analysis Type: ICM inputs (ICM Calculated Modulus)
 Poisson's ratio: 0.35
 Coefficient of lateral pressure, K_o : 0.5
 CBR: 100
 Modulus (calculated) (psi): 48685

ICM Inputs

Gradation and Plasticity Index
 Plasticity Index, PI: 0
 Liquid Limit (LL) 0
 Compacted Layer Yes
 Passing #200 sieve (%): 5.3
 Passing #40 26.7
 Passing #4 sieve (%): 58.5
 D10(mm) 0.1491
 D20(mm) 0.2231
 D30(mm) 0.6638
 D60(mm) 5.11
 D90(mm) 21.63

Sieve	Percent Passing
0.001mm	
0.002mm	
0.020mm	
#200	5.27
#100	10.04
#80	
#60	22.85
#50	
#40	26.73
#30	
#20	32.48
#16	
#10	42.83
#8	
#4	58.49
3/8"	72.8
1/2"	78.45
3/4"	86.4
1"	94.02
1 1/2"	99.9
2"	100
2 1/2"	
3"	100
3 1/2"	
4"	

Calculated/Derived Parameters

Maximum dry unit weight (pcf): 131.4 (derived)
 Specific gravity of solids, G_s : 2.65 (user input)
 Saturated hydraulic conductivity (ft/hr): 0.0252 (derived)
 Optimum gravimetric water content (%): 7.2 (derived)
 Calculated degree of saturation (%): 73.7 (calculated)

Soil water characteristic curve parameters: Default values

Parameters	Value
a	7.0712
b	2.097
c	0.84169
Hr.	100

Layer 4 -- A-3

Unbound Material: A-3
 Thickness(in): Semi-infinite

Strength Properties

Input Level: Level 2
 Analysis Type: ICM inputs (ICM Calculated Modulus)
 Poisson's ratio: 0.35
 Coefficient of lateral pressure, Ko: 0.5
 CBR: 16.3
 Modulus (calculated) (psi): 15247

ICM Inputs

Gradation and Plasticity Index
 Plasticity Index, PI: 0
 Liquid Limit (LL) 0
 Compacted Layer Yes
 Passing #200 sieve (%): 2.5
 Passing #40 67.3
 Passing #4 sieve (%): 99.3
 D10(mm) 0.1013
 D20(mm) 0.1505
 D30(mm) 0.175
 D60(mm) 0.3199
 D90(mm) 1.593

Sieve	Percent Passing
0.001mm	
0.002mm	
0.020mm	
#200	2.54
#100	19.76
#80	
#60	53.71
#50	
#40	67.25
#30	
#20	79.71
#16	
#10	94.36
#8	
#4	99.34
3/8"	100
1/2"	100
3/4"	100
1"	100
1 1/2"	100
2"	100
2 1/2"	
3"	100
3 1/2"	
4"	

Calculated/Derived Parameters

Maximum dry unit weight (pcf): 120.0 (user input)
 Specific gravity of solids, Gs: 2.65 (user input)
 Saturated hydraulic conductivity (ft/hr): 0.007938 (derived)
 Optimum gravimetric water content (%): 10.1 (derived)
 Calculated degree of saturation (%): 70.9 (calculated)

Soil water characteristic curve parameters: Default values

Parameters	Value
a	3.6555
b	3.1267
c	0.96076
Hr.	100

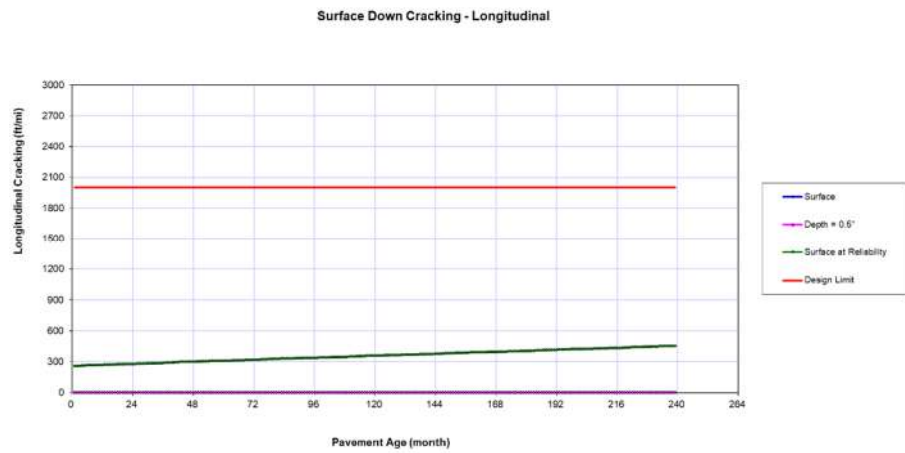
Distress Model Calibration Settings - Flexible

AC Fatigue		Level 3: NCHRP 1-37A coefficients (nationally calibrated values)
k1		0.007566
k2		3.9492
k3		1.281
AC Rutting		Level 3: NCHRP 1-37A coefficients (nationally calibrated values)
k1		-3.35412
k2		1.5606
k3		0.4791
Standard Deviation Total Rutting (RUT):		$0.24 * \text{POWER}(\text{RUT}, 0.8026) + 0.001$
Thermal Fracture		Level 3: NCHRP 1-37A coefficients (nationally calibrated values)
k1		1.5
Std. Dev. (THERMAL):		$0.1468 * \text{THERMAL} + 65.027$
CSM Fatigue		Level 3: NCHRP 1-37A coefficients (nationally calibrated values)
k1		1
k2		1
Subgrade Rutting		Level 3: NCHRP 1-37A coefficients (nationally calibrated values)
Granular:		
k1		2.03
Fine-grain:		
k1		1.35
AC Cracking		
AC Top Down Cracking		
C1 (top)		7
C2 (top)		3.5
C3 (top)		0
C4 (top)		1000
Standard Deviation (TOP)		$200 + 2300 / (1 + \exp(1.072 - 2.1654 * \log(\text{TOP} + 0.0001)))$
AC Bottom Up Cracking		
C1 (bottom)		1
C2 (bottom)		1
C3 (bottom)		0
C4 (bottom)		6000
Standard Deviation (TOP)		$1.13 + 13 / (1 + \exp(7.57 - 15.5 * \log(\text{BOTTOM} + 0.0001)))$
CSM Cracking		
C1 (CSM)		1
C2 (CSM)		1
C3 (CSM)		0
C4 (CSM)		1000
Standard Deviation (CSM)		$\text{CTB} * 1$
IRI		
IRI HMA Pavements New		
C1(HMA)		40
C2(HMA)		0.4
C3(HMA)		0.008
C4(HMA)		0.015
IRI HMA/PCC Pavements		
C1(HMA/PCC)		40.8
C2(HMA/PCC)		0.575
C3(HMA/PCC)		0.0014
C4(HMA/PCC)		0.00825

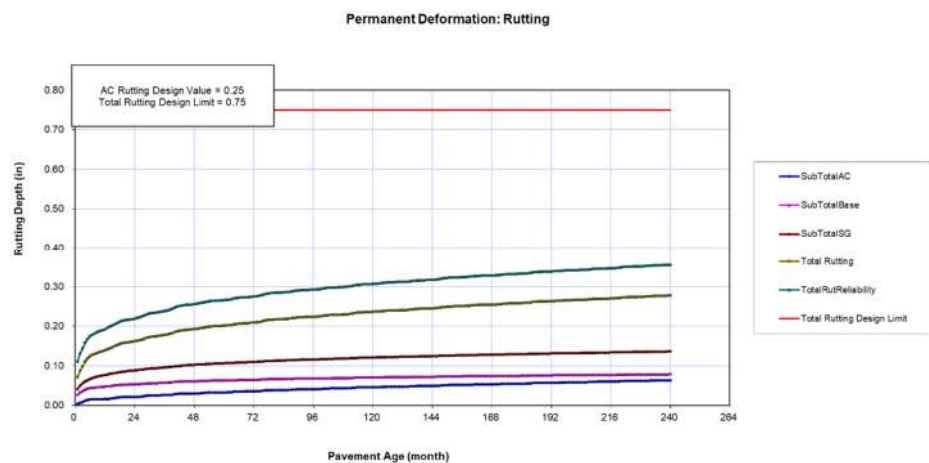
7.3.3.7.2. RESUMEN DE CONFIABILIDAD

Performance Criteria	Distress Target	Reliability Target	Distress Predicted	Reliability Predicted	Reliability Acceptable
Terminal IRI (in/mi)	172	90	92.9	99.87	Pass
AC Surface Down Cracking (Long. Cracking) (ft/mile):	2000	90	0.8	99.999	Pass
AC Bottom Up Cracking (Alligator Cracking) (%):	25	90	0	99.999	Pass
AC Thermal Fracture (Transverse Cracking) (ft/mi):	1000	90	1	99.999	Pass
Chemically Stabilized Layer (Fatigue Fracture)	25	90			N/A
Permanent Deformation (AC Only) (in):	0.25	90	0.06	99.999	Pass
Permanent Deformation (Total Pavement) (in):	0.75	90	0.28	99.999	Pass

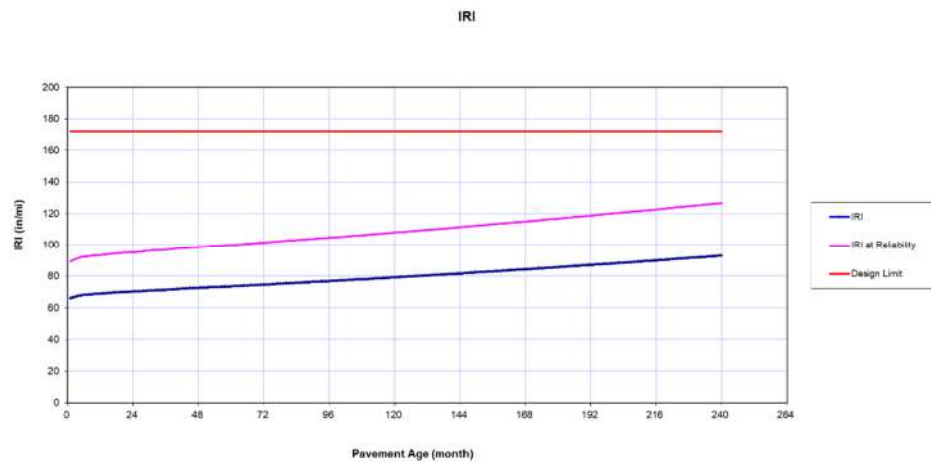
7.3.3.7.3. FISURAS SUPERFICIALES DESCENDENTES



7.3.3.7.4. AHUELLAMIENTO TOTAL



7.3.3.7.5. IRI



7.3.3.8. ESTRUCTURA DE PAVIMENTO FLEXIBLE (MÉTODO MECANÍSTICO EMPÍRICO MEPDG)

De acuerdo con los resultados obtenidos y considerando que la estructura propuesta cumple con las condiciones de desempeño establecidas mediante el modelamiento realizado bajo el método de diseño Mecanístico–Empírico (MEPDG), se determinó que la estructura final del pavimento presenta un espesor total de 37.50 cm, distribuidos de la siguiente manera:

- ✓ Carpeta asfáltica: 3 pulgadas (7.5 cm de espesor)
- ✓ Base granular: 6 pulgadas (15 cm de espesor)
- ✓ Subbase granular: 6 pulgadas (15 cm de espesor)



7.4. ANEXO 4. PANEL FOTOGRÁFICO

PROYECTO DE TESIS: EVALUACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO– EMPÍRICO MEPDG EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE VILLA HERMOSA – CASMA	
FOTOGRAFIA N°01,02,03,04: Conteo vehicular y registro en el formato del MTC durante el día.	
PROYECTO DE TESIS: EVALUACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO– EMPÍRICO MEPDG EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE VILLA HERMOSA – CASMA	
FOTOGRAFIA N°05,06,07: Conteo vehicular y registro en el formato del MTC durante el día.	

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°08: Excavación de la calicata (C-01), progresiva 0+340 KM

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°09: Excavación de la calicata (C-02), progresiva 0+680 KM

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°10;11: Profundidad de la calicata (C-02) 1.50m, así como el perfil estratigráfico del suelo.

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°12: Excavación de la calicata (C-03), progresiva 0+890 KM

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°13;14: Profundidad de la calicata (C-03) 1.50m, así como el perfil estratigráfico del suelo.

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°15: Excavación de la calicata (C-03), progresiva 1+000 KM

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°16;17: Profundidad de la calicata (C-04) 1.50m, así como el perfil estratigráfico del suelo.

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°18,19: Cuarteo de muestra representativa de las calicatas para posterior ensayos.

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°20;21: Determinación del contenido de humedad, peso de la muestra y colocación en el horno.

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°22;23: Tamizado de las muestras para el ensayo de granulometría para material de sub rasante (C-01, C-02, C-03 y C-04)

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°24;25: Tamizado de las muestras para el ensayo de granulometría.

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°26;27: Determinación del límite líquido a través de la Copa Casagrande (tamiz N°40)

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°28: Peso de las muestras del ensayo de granulometría, así como las muestras retenidas en cada tamiz.

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°29: Muestras que pasaron por los tamices en el análisis granulométrico.

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°30;31: Tamizado de las muestras para el ensayo de granulometría.

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°32;33: Tamizado de las muestras para el ensayo de granulometría

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°34;35: Humedecimiento para realizar el Proctor modificado (Método A) para 5 muestras

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°36;37: Enrasado, pesado de la muestra compactada y obtención de muestra representativa para determinar el óptimo contenido de humedad.

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPSDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°38;39: Preparación de la muestra para CBR, vertiendo su óptimo contenido de humedad.

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPSDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°40;41: Compactación de la muestra con su óptimo contenido de humedad, ensayo de CBR. (12, 25 y 56 golpes)

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°42;43: Colocación de papel filtro y sobrecargas en molde CBR (12, 25 y 56 golpes)

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°44;45: Moldes de CBR de terreno natural compactados antes de saturarlos (12, 25 y 56 golpes)

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°46;47: Colocación del dial, así como la saturación de las muestras para el CBR.

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°48;49: Ensayo de penetración en la prensa hidráulica de CBR, posterior a las 96 horas de estar sumergido en agua (terreno natural)

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°50: Recolección de material de afirmado en la cantera Omega

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°51;52: Cuarteo correspondiente en el material de afirmado de la cantera Omega.

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°53;54: Lavado de muestras para ensayo correspondiente a la resistencia a la abrasión

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°55: Muestra para realizar el ensayo de resistencia a la abrasión

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°56;57: Máquina de los ángeles para el ensayo de abrasión y colocación de las esferas de acuerdo a norma

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°58: Máquina de los ángeles para el ensayo de abrasión y trituración

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°59: Muestra para llevar a cabo el ensayo de equivalente de arena.

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°60;61: Ensayo de equivalente de arena para material de cantera Omega

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°62:63:

Ensayo de equivalente de arena para material de cantera Omega (lectura)

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°64;65:

Ensayo de sales solubles para el material granular.

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°66;67: Muestras para el contenido de humedad del material granular de la cantera “omega”

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°68;69: Muestra para el afirmado de cantera “OMEGA”.

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°70:71: Tamizado para el afirmado de cantera “OMEGA”.

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°72;73: Determinación del límite líquido a través de la Copa Casagrande (tamiz N°40) del material granular (cantera Omega)

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°74: Tamizado por la malla $\frac{3}{4}$ " para Proctor modificado (método C).

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°75;76: Humedad de la muestra de material granular, para su posterior ensayo de Proctor modificado (5 muestras).

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°77;78: Compactación con Proctor modificado (Método C) del material granular (cantera Omega)

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°79;80: Muestra de material granular, para su posterior ensayo de Proctor modificado (12, 25 y 56 golpes)

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°81;82: Preparación de la muestra para CBR, vertiendo su optimo contenido de humedad para todas las muestras (12, 25 y 56 golpes)

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°83;84: Compactación de los moldes de CBR antes de humedecer por 4 días.

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°85;86: Colocación del dial, así como la saturación de las muestras para el CBR (Cantera Omega)

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°87;88: Ensayo de penetración en la prensa hidráulica de CBR, posterior a las 96 horas de estar sumergido en agua (Cantera Omega)

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°89:90: Muestra para ensayo de partículas fracturadas

**PROYECTO DE TESIS:
EVALUACIÓN DE
MÉTODOS: AASHTO 93,
INSTITUTO DEL
ASFALTO Y
MECANÍSTICO–
EMPÍRICO MEPDG EN
EL PAVIMENTO
FLEXIBLE DE VILLA
HERMOSA – CASMA**



FOTOGRAFIA N°91;92: Evaluación de las partículas fracturadas a 1 y 2 caras

7.5. ANEXO 5. PRESUPUESTO

7.5.1. PRESUPUESTO MÉTODO AASHTO 93

7.5.1.1. ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

S10

Página : 1

Análisis de precios unitarios

Presupuesto1101011

“CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA

Subpresupuesto001

MÉTODO AASHTO 93

Fecha presupuesto01/11/2025

Partida01.01.01

NIVELACION Y COMPACTACION DE SUB-RASANTE C/MAQ

Rendimiento

m2/DIA

MO. 2,000.0000

EQ. 2,000.0000

Costo unitario directo por : m2

3.39

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	3.0000	0.0120	29.99	0.36
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0080	23.60	0.19
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0120	21.36	0.26
						0.81
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.81	0.02
03011000060004	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70-100HP 7 - 9 ton	hm	1.0000	0.0040	200.73	0.80
0301200003	MOTONIVELADORA DE 145 - 150 HP	hm	1.0000	0.0040	255.98	1.02
0301220009	CAMION CISTERNA 4x2 (agua) 2,000 gal	hm	1.0000	0.0040	184.24	0.74
						2.58

Partida01.01.02

SUB-BASE GRANULAR DE E=0.20m

Rendimiento

m2/DIA

MO. 1,200.0000

EQ. 1,200.0000

Costo unitario directo por : m2

16.76

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0067	23.60	0.16
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0267	21.36	0.57
						0.73
Materiales						
0207040002	MATERIAL AFIRMADO	m3		0.2600	45.00	11.70
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0025	8.35	0.02
						11.72
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.73	0.02
03011000060004	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70-100HP 7 - 9 ton	hm	1.0000	0.0067	200.73	1.34
0301200003	MOTONIVELADORA DE 145 - 150 HP	hm	1.0000	0.0067	255.98	1.72
0301220009	CAMION CISTERNA 4x2 (agua) 2,000 gal	hm	1.0000	0.0067	184.24	1.23
						4.31

Partida01.01.03

BASE GRANULAR DE E=0.20m

Rendimiento

m2/DIA

MO. 1,200.0000

EQ. 1,200.0000

Costo unitario directo por : m2

16.76

Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0067	23.60	0.16
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0267	21.36	0.57
						0.73
Materiales						
0207040002	MATERIAL AFIRMADO	m3		0.2600	45.00	11.70
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0025	8.35	0.02
						11.72
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.73	0.02
03011000060004	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70-100HP 7 - 9 ton	hm	1.0000	0.0067	200.73	1.34
0301200003	MOTONIVELADORA DE 145 - 150 HP	hm	1.0000	0.0067	255.98	1.72
0301220009	CAMION CISTERNA 4x2 (agua) 2,000 gal	hm	1.0000	0.0067	184.24	1.23
						4.31

S10

Página : 2

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1101011	"CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA				
Subpresupuesto	001	MÉTODO AASHTO 93				
		Fecha presupuesto 01/11/2025				
Partida	01.02.01	BARRIDO DE BASE PARA IMPRIMACION				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,600.0000	EQ. 1,600.0000	Costo unitario directo por : m2		1.04
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0050	29.99	0.15
0101010005	PEON	hh	5.0000	0.0250	21.36	0.53
						0.68
Materiales						
0267140043	ESCOBA	und		0.0025	8.34	0.02
						0.02
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.68	0.02
0301390005	BARREDORA MECANICA	hm	1.0000	0.0050	64.04	0.32
						0.34
Partida	01.02.02	IMPRIMACION ASFALTICA CON MC-30				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 2,500.0000	EQ. 2,500.0000	Costo unitario directo por : m2		9.23
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.0064	29.99	0.19
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0032	23.60	0.08
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0064	21.36	0.14
						0.41
Materiales						
02010500010003	ASFALTO LIQUIDO MC-30	gal		0.3290	14.59	4.80
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.0900	33.97	3.06
						7.86
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.41	0.01
03011400060004	COMPRESORA NEUMATICA 76 HP 125-175 PCM	hm	1.0000	0.0032	90.73	0.29
03012200080004	CAMION IMPRIMADOR 6 x 2 178-210 HP 1,800 gl	hm	1.0000	0.0032	206.70	0.66
						0.96
Partida	01.02.03	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 3"				
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m2		73.68
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.0107	29.99	0.32
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0107	23.60	0.25
0101010005	PEON	hh	12.0000	0.0640	21.36	1.37
						1.94
Materiales						
0201050009	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	m3		0.0938	668.27	62.68
						62.68
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.94	0.06
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP	hm	1.0000	0.0053	33.63	0.18
03011000040002	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 127HP 8 - 23 TON	hm	1.0000	0.0053	191.40	1.01
03011000060004	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70-100HP 7 - 9 ton	hm	1.0000	0.0053	200.73	1.06
03013900020003	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 105 HP 10pies	hm	1.0000	0.0053	248.63	1.32
						3.63
Subpartidas						
010601080106	TRANSPORTE DE ASFALTO CALIENTE DE PLANTA A PIE DE OBRA (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3		0.0938	57.89	5.43
						5.43

7.5.1.2. PRESUPUESTO

S10

Página1

Presupuesto

Presupuesto

1101011

“CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA

Subpresupuesto

001

MÉTODO AASHTO 93

Cliente

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

Costo al01/11/2025

Lugar

ANCASH - CASMA - CASMA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	PAVIMENTO FLEXIBLE				120.86
01.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				36.91
01.01.01	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUB-RASANTE C/MAQ	m2	1.00	3.39	3.39
01.01.02	SUB-BASE GRANULAR DE E=0.20m	m2	1.00	16.76	16.76
01.01.03	BASE GRANULAR DE E=0.20m	m2	1.00	16.76	16.76
01.02	PAVIMENTACION				83.95
01.02.01	BARRIDO DE BASE PARA IMPRIMACION	m2	1.00	1.04	1.04
01.02.02	IMPRIMACION ASFALTICA CON MC-30	m2	1.00	9.23	9.23
01.02.03	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 3"	m2	1.00	73.68	73.68
	COSTO DIRECTO				120.86
	SON : CIENTO VEINTE Y 86/100 SOLES				

7.5.2. PRESUPUESTO MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

7.5.2.1. ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

S10							Página : 1
Análisis de precios unitarios							
Presupuesto	1101011	"CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA					
Subpresupuesto	002	MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO				Fecha presupuesto 01/11/2025	
Partida	01.01.01	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUB-RASANTE C/MAQ					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 2,000.0000	EQ. 2,000.0000	Costo unitario directo por : m2		3.39	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	3.0000	0.0120	29.99	0.36	
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0080	23.60	0.19	
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0120	21.36	0.26	
						0.81	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.81	0.02	
03011000060004	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70-100HP 7 - 9 ton	hm	1.0000	0.0040	200.73	0.80	
0301200003	MOTONIVELADORA DE 145 - 150 HP	hm	1.0000	0.0040	255.98	1.02	
0301220009	CAMION CISTERNA 4x2 (agua) 2,000 gal	hm	1.0000	0.0040	184.24	0.74	
						2.58	
Partida	01.01.02	SUB-BASE GRANULAR DE E=0.15m					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,200.0000	EQ. 1,200.0000	Costo unitario directo por : m2		13.84	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
	Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0067	23.60	0.16	
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0267	21.36	0.57	
						0.73	
	Materiales						
0207040002	MATERIAL AFIRMADO	m3		0.1950	45.00	8.78	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0025	8.35	0.02	
						8.80	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.73	0.02	
03011000060004	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70-100HP 7 - 9 ton	hm	1.0000	0.0067	200.73	1.34	
0301200003	MOTONIVELADORA DE 145 - 150 HP	hm	1.0000	0.0067	255.98	1.72	
0301220009	CAMION CISTERNA 4x2 (agua) 2,000 gal	hm	1.0000	0.0067	184.24	1.23	
						4.31	
Partida	01.01.03	BASE GRANULAR DE E=0.15m					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,200.0000	EQ. 1,200.0000	Costo unitario directo por : m2		13.84	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
	Mano de Obra						
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0067	23.60	0.16	
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0267	21.36	0.57	
						0.73	
	Materiales						
0207040002	MATERIAL AFIRMADO	m3		0.1950	45.00	8.78	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0025	8.35	0.02	
						8.80	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.73	0.02	
03011000060004	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70-100HP 7 - 9 ton	hm	1.0000	0.0067	200.73	1.34	
0301200003	MOTONIVELADORA DE 145 - 150 HP	hm	1.0000	0.0067	255.98	1.72	
0301220009	CAMION CISTERNA 4x2 (agua) 2,000 gal	hm	1.0000	0.0067	184.24	1.23	
						4.31	

S10

Página : 2

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1101011	"CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA						
Subpresupuesto	002	MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO					Fecha presupuesto	01/11/2025
Partida	01.02.01	BARRIDO DE BASE PARA IMPRIMACION						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,600.0000	EQ. 1,600.0000	Costo unitario directo por : m2			1.04	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
	Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO	hh	1.0000	0.0050	29.99	0.15		
0101010005	PEON	hh	5.0000	0.0250	21.36	0.53		
						0.68		
	Materiales							
0267140043	ESCOBA	und		0.0025	8.34	0.02		
						0.02		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.68	0.02		
0301390005	BARREDORA MECANICA	hm	1.0000	0.0050	64.04	0.32		
						0.34		

Partida	01.02.02	IMPRIMACION ASFALTICA CON MC-30					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 2,500.0000	EQ. 2,500.0000	Costo unitario directo por : m2			9.23
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.0064	29.99	0.19	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0032	23.60	0.08	
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0064	21.36	0.14	
						0.41	
	Materiales						
02010500010003	ASFALTO LIQUIDO MC-30	gal		0.3290	14.59	4.80	
02070200010002	ARENA GRUESA	m3		0.0900	33.97	3.06	
						7.86	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.41	0.01	
03011400060004	COMPRESORA NEUMATICA 76 HP 125-175 PCM	hm	1.0000	0.0032	90.73	0.29	
03012200080004	CAMION IMPRIMADOR 6 x 2 178-210 HP 1,800 gl	hm	1.0000	0.0032	206.70	0.66	
						0.96	

Partida	01.02.03	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 5"					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m2			119.07
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/	
	Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.0107	29.99	0.32	
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0107	23.60	0.25	
0101010005	PEON	hh	12.0000	0.0640	21.36	1.37	
						1.94	
	Materiales						
0201050009	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	m3		0.1563	668.27	104.45	
						104.45	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.94	0.06	
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP	hm	1.0000	0.0053	33.63	0.18	
03011000040002	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 127HP 8 - 23 TON	hm	1.0000	0.0053	191.40	1.01	
03011000060004	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70-100HP 7 - 9 ton	hm	1.0000	0.0053	200.73	1.06	
03013900020003	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 105 HP 10pies	hm	1.0000	0.0053	248.63	1.32	
						3.63	
	Subpartidas						
010601080106	TRANSPORTE DE ASFALTO CALIENTE DE PLANTA A PIE DE OBRA (INCLUYE ESPONJAMIENTO)	m3		0.1563	57.89	9.05	
						9.05	

7.5.2.2. PRESUPUESTO

S10

Página

1

Presupuesto

Presupuesto1101011“CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA
DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA

Subpresupuesto002MÉTODO DEL INSTITUTO DEL ASFALTO

ClienteUNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTACosto al01/11/2025

LugarANCASH - CASMA - CASMA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	PAVIMENTO FLEXIBLE				160.41
01.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				31.07
01.01.01	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUB-RASANTE C/MAQ	m2	1.00	3.39	3.39
01.01.02	SUB-BASE GRANULAR DE E=0.15m	m2	1.00	13.84	13.84
01.01.03	BASE GRANULAR DE E=0.15m	m2	1.00	13.84	13.84
01.02	PAVIMENTACION				129.34
01.02.01	BARRIDO DE BASE PARA IMPRIMACION	m2	1.00	1.04	1.04
01.02.02	IMPRIMACION ASFALTICA CON MC-30	m2	1.00	9.23	9.23
01.02.03	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 5"	m2	1.00	119.07	119.07
	COSTO DIRECTO				160.41

SON : CIENTO SESENTA Y 41/100 SOLES

7.5.3. PRESUPUESTO MÉTODO MÉCANÍSTICO EMPÍRICO MEPDG

7.5.3.1. ANALISIS DE COSTOS UNITARIOS

S10

Página : 1

Análisis de precios unitarios

Presupuesto	1101011	"CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA						
Subpresupuesto	003	MÉTODO MECANÍSTICO EMPÍRICO MEPDG					Fecha presupuesto	01/11/2025
Partida	01.01.01	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUB-RASANTE C/MAQ						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 2,000.0000	EQ. 2,000.0000	Costo unitario directo por : m2				3.39
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
Mano de Obra								
0101010003	OPERARIO	hh	3.0000	0.0120	29.99	0.36		
0101010004	OFICIAL	hh	2.0000	0.0080	23.60	0.19		
0101010005	PEON	hh	3.0000	0.0120	21.36	0.26		
						0.81		
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.81	0.02		
03011000060004	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70-100HP 7 - 9 ton	hm	1.0000	0.0040	200.73	0.80		
0301200003	MOTONIVELADORA DE 145 - 150 HP	hm	1.0000	0.0040	255.98	1.02		
0301220009	CAMION CISTERNA 4x2 (agua) 2,000 gal	hm	1.0000	0.0040	184.24	0.74		
						2.58		
Partida	01.01.02	SUB-BASE GRANULAR DE E=0.15m						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,200.0000	EQ. 1,200.0000	Costo unitario directo por : m2				13.84
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
Mano de Obra								
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0067	23.60	0.16		
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0267	21.36	0.57		
						0.73		
Materiales								
0207040002	MATERIAL AFIRMADO	m3		0.1950	45.00	8.78		
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0025	8.35	0.02		
						8.80		
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.73	0.02		
03011000060004	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70-100HP 7 - 9 ton	hm	1.0000	0.0067	200.73	1.34		
0301200003	MOTONIVELADORA DE 145 - 150 HP	hm	1.0000	0.0067	255.98	1.72		
0301220009	CAMION CISTERNA 4x2 (agua) 2,000 gal	hm	1.0000	0.0067	184.24	1.23		
						4.31		
Partida	01.01.03	BASE GRANULAR DE E=0.15m						
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,200.0000	EQ. 1,200.0000	Costo unitario directo por : m2				13.84
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/		
Mano de Obra								
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0067	23.60	0.16		
0101010005	PEON	hh	4.0000	0.0267	21.36	0.57		
						0.73		
Materiales								
0207040002	MATERIAL AFIRMADO	m3		0.1950	45.00	8.78		
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0025	8.35	0.02		
						8.80		
Equipos								
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.73	0.02		
03011000060004	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70-100HP 7 - 9 ton	hm	1.0000	0.0067	200.73	1.34		
0301200003	MOTONIVELADORA DE 145 - 150 HP	hm	1.0000	0.0067	255.98	1.72		
0301220009	CAMION CISTERNA 4x2 (agua) 2,000 gal	hm	1.0000	0.0067	184.24	1.23		
						4.31		

S10							Página : 2
Análisis de precios unitarios							
Presupuesto	1101011	“CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA					
Subpresupuesto	003	MÉTODO MECANÍSTICO EMPÍRICO MEPDG					Fecha presupuesto 01/11/2025
Partida	01.02.01	BARRIDO DE BASE PARA IMPRIMACION					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,600.0000	EQ. 1,600.0000	Costo unitario directo por : m2			1.04
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0050	29.99	0.15
0101010005	PEON		hh	5.0000	0.0250	21.36	0.53
							0.68
Materiales							
0267140043	ESCOBA		und		0.0025	8.34	0.02
							0.02
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.68	0.02
0301390005	BARREDORA MECANICA		hm	1.0000	0.0050	64.04	0.32
							0.34
Partida	01.02.02	IMPRIMACION ASFALTICA CON MC-30					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 2,500.0000	EQ. 2,500.0000	Costo unitario directo por : m2			9.23
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	0.0064	29.99	0.19
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0032	23.60	0.08
0101010005	PEON		hh	2.0000	0.0064	21.36	0.14
							0.41
Materiales							
02010500010003	ASFALTO LIQUIDO MC-30		gal		0.3290	14.59	4.80
02070200010002	ARENA GRUESA		m3		0.0900	33.97	3.06
							7.86
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	0.41	0.01
03011400060004	COMPRESORA NEUMATICA 76 HP 125-175 PCM		hm	1.0000	0.0032	90.73	0.29
03012200080004	CAMION IMPRIMADOR 6 x2 178-210 HP 1,800 gl		hm	1.0000	0.0032	206.70	0.66
							0.96
Partida	01.02.03	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 3"					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1,500.0000	EQ. 1,500.0000	Costo unitario directo por : m2			73.68
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	0.0107	29.99	0.32
0101010004	OFICIAL		hh	2.0000	0.0107	23.60	0.25
0101010005	PEON		hh	12.0000	0.0640	21.36	1.37
							1.94
Materiales							
0201050009	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE		m3		0.0938	668.27	62.68
							62.68
Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	1.94	0.06
0301100001	COMPACTADORA VIBRATORIA TIPO PLANCHA 7 HP		hm	1.0000	0.0053	33.63	0.18
03011000040002	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 127HP 8 - 23 TON		hm	1.0000	0.0053	191.40	1.01
03011000060004	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 70-100HP 7 - 9 ton		hm	1.0000	0.0053	200.73	1.06
03013900020003	PAVIMENTADORA SOBRE ORUGAS 105 HP 10pies		hm	1.0000	0.0053	248.63	1.32
							3.63
Subpartidas							
010601080106	TRANSPORTE DE ASFALTO CALIENTE DE PLANTA A PIE DE OBRA (INCLUYE ESPONJAMIENTO)		m3		0.0938	57.89	5.43
							5.43

7.5.3.2. PRESUPUESTO

S10

Página

1

Presupuesto

Presupuesto1101011“CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO – EMPÍRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA

Subpresupuesto003MÉTODO MECANÍSTICO EMPÍRICO MEPDG

ClienteUNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

Costo al01/11/2025

LugarANCASH - CASMA - CASMA

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/	Parcial S/
01	PAVIMENTO FLEXIBLE				115.02
01.01	MOVIMIENTO DE TIERRAS				31.07
01.01.01	NIVELACION Y COMPACTACION DE SUB-RASANTE C/MAQ	m2	1.00	3.39	3.39
01.01.02	SUB-BASE GRANULAR DE E=0.15m	m2	1.00	13.84	13.84
01.01.03	BASE GRANULAR DE E=0.15m	m2	1.00	13.84	13.84
01.02	PAVIMENTACION				83.95
01.02.01	BARRIDO DE BASE PARA IMPRIMACION	m2	1.00	1.04	1.04
01.02.02	IMPRIMACION ASFALTICA CON MC-30	m2	1.00	9.23	9.23
01.02.03	CARPETA ASFALTICA EN CALIENTE DE 3"	m2	1.00	73.68	73.68
	COSTO DIRECTO				115.02
SON : CIENTO QUINCE Y 02/100 SOLES					

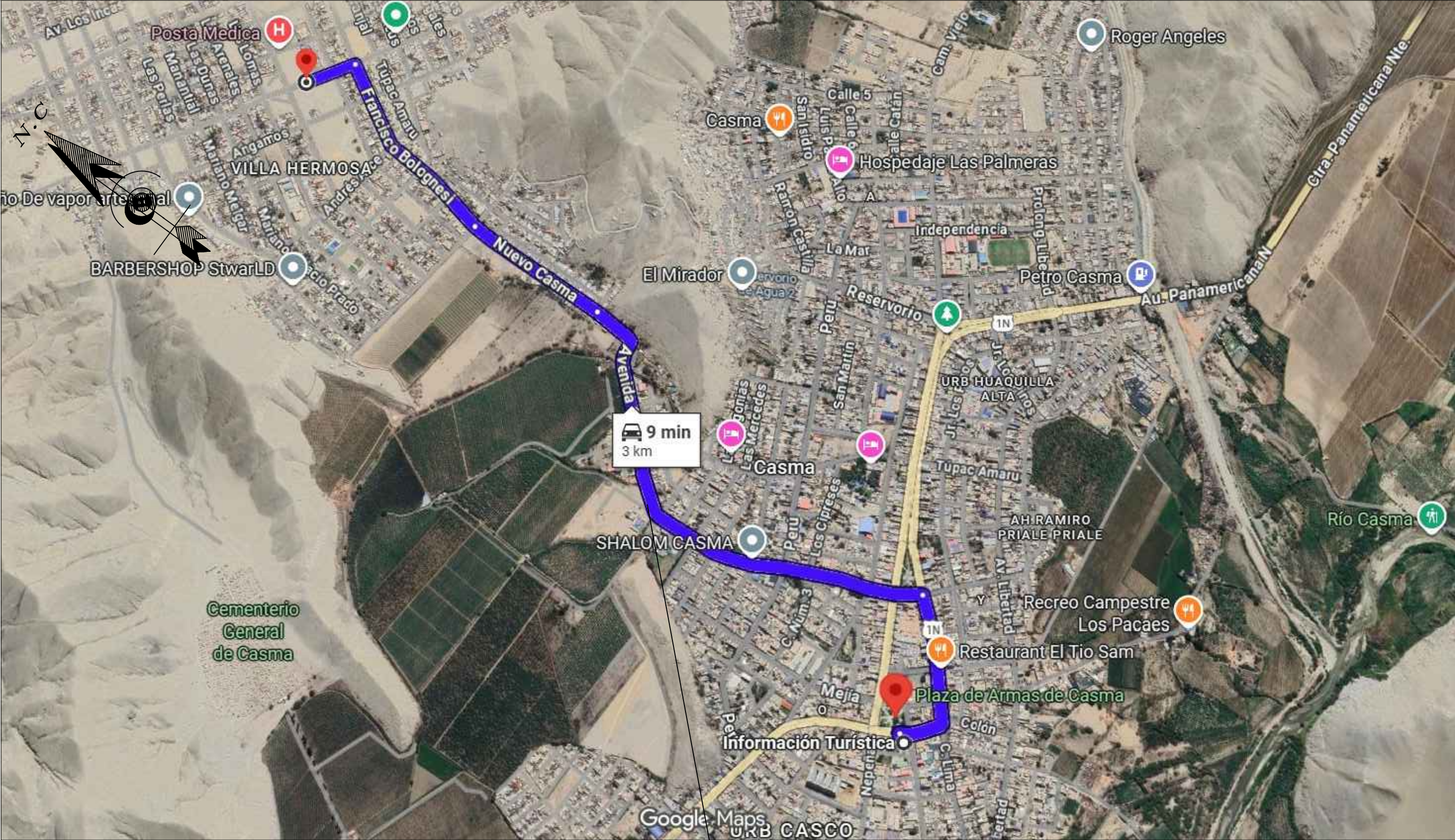
7.6. ANEXO 6. PLANOS



PLANO DE UBICACIÓN

ESCALA: 1/3500

CUADRO DE ACCESOS		
DESCRIPCIÓN	DISTANCIA (KM)	TIEMPO (MIN)
CASMA - VILLA HERMOSA	3 Km	9 min



PLANO DE LOCALIZACIÓN



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

"CONFRONTACION DE METODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANISTICO - EMPIRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA"

PLANO:

TESISTAS:

BACH. MARCHAN LEON KIARA MERCEDES

BACH. TAMAYO CUZCA SEBASTIAN EDUARDO

ASESOR:

DR. ABNER ITAMAR LEON BOBADILLA

DISEÑO:

OCRO:

INDICADA

NOV 2025

PROVINCIA:

CASMA

REGION:

ANCASH

LAMINA:

1/1

LAMINA Nº01:

PU-01



C-01

CALICATA N°01

UTM: 17L 796934 8953166

C-02

CALICATA N°02

UTM: 17L 797020 8953449

C-03

CALICATA N°03

UTM: 17L 796808 8953657

C-04

CALICATA N°04

UTM: 17L 796693 8953778

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

"CONFRONTACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANISTICO - EMPIRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA"

PLANO:

PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS

TESISTAS:

BACH. MARCHAN LEON KIARA MERCEDES
BACH. TAMAYO GUZCA SEBASTIAN EDUARDO

ASESOR:

DR. ABNER ITAMAR LEON BOBADILLA

DISEÑO:

ELABORÓ:

ESCALA:

INDICADA

FECHA:

NOV 2025

DISTRITO:

CASMA

PROVINCIA:

CASMA

REGION:

ANCASH

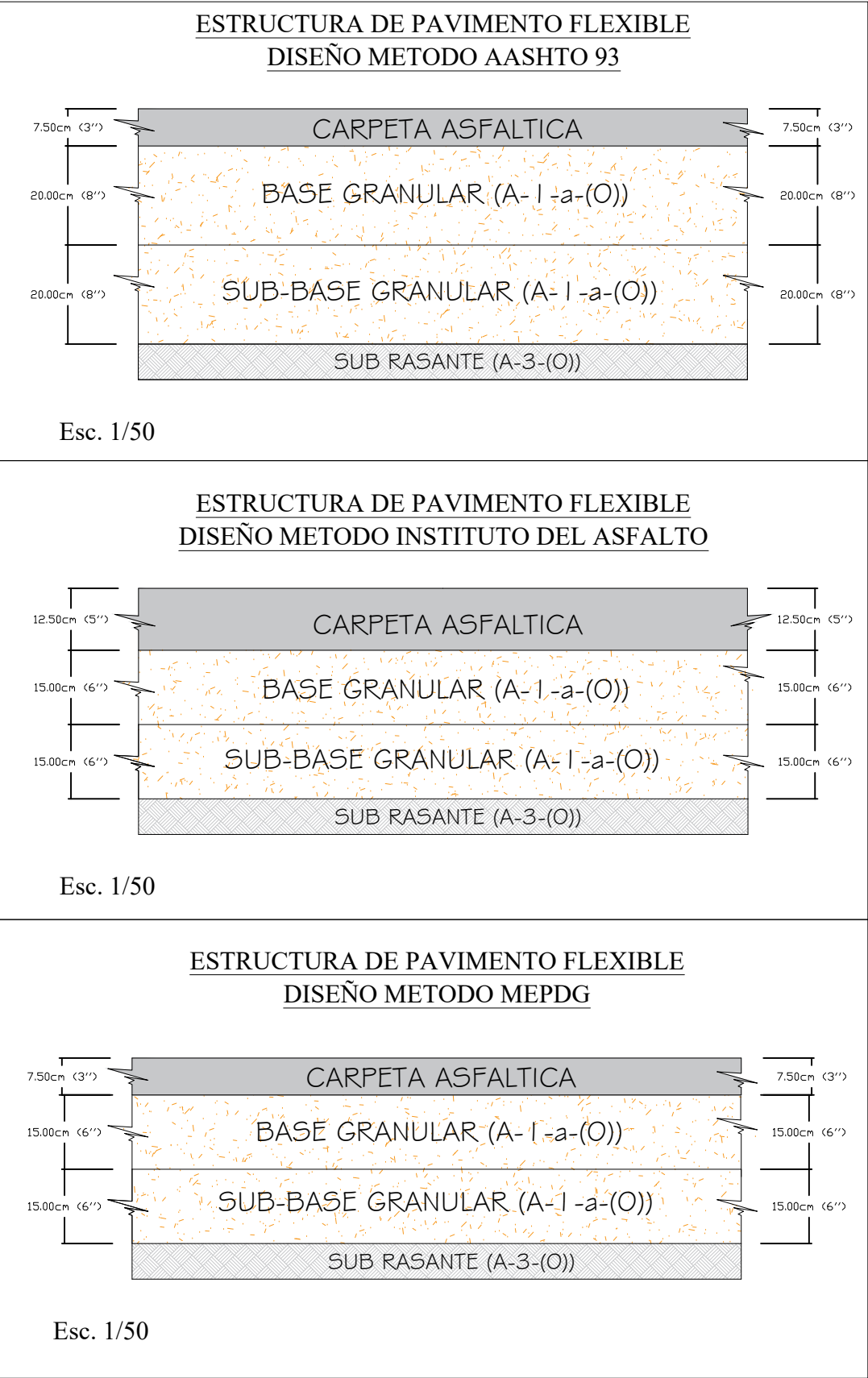
LÁMINA:

1/1

LAMINA N°01

UC-01

PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS
ESCALA: 1/2000



DESCRIPCIÓN	C-01/M1	C-02/M1	C-03/M1	C-04/M1
Clasificación SUCS	SP	SP	SP	SP
Clasificación AASHTO	A-3-(0)	A-3-(0)	A-3-(0)	A-3-(0)
Contenido de Humedad (%)	0.30%	0.26%	0.44%	0.40%
Limite Líquido	N.P	N.P	N.P	N.P
Limite Plástico	N.P	N.P	N.P	N.P
Índice de Plasticidad	N.P	N.P	N.P	N.P
Maxima Densidad Seca (gr/cm ³)	1.953	1.964	1.961	1.974
Óptimo Contenido de Humedad	10.40%	9.60%	10.35%	9.60%
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	27.50%	32.30%	25.40%	31.00%
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	16.30%	19.60%	17.60%	21.30%

PROPIEDADES	CANTERA	REQUERIMIENTO		VERIFICACIÓN	
	OMEGA	SUB BASE	BASE	SUB BASE	BASE
Granulometría	< 3000 m.s.n.m.	GRADACIÓN B	GRADACIÓN B	CUMPLE	CUMPLE
Limite Líquido	N.P.	25 % MAXIMO	-	SI CUMPLE	-
Índice de Plasticidad	N.P.	6 % MAXIMO	4 % MAXIMO	SI CUMPLE	SI CUMPLE
C.B.R. al 100% de la M.D.S. (0.1")	100.50%	40 % MINIMO	80 % MINIMO	SI CUMPLE	SI CUMPLE
C.B.R. al 95% de la M.D.S. (0.1")	41.90%	-	-	-	-
Equivalente de Arena (%)	44%	25 % MINIMO	35 % MINIMO	SI CUMPLE	SI CUMPLE
Abración de los Angeles (%)	24.92%	50 % MAXIMO	40 % MAXIMO	SI CUMPLE	SI CUMPLE
Particulas con 1 cara fracturada (%)	93.29%	-	80 % MINIMO	-	SI CUMPLE
Particulas con 2 caras fracturada (%)	83.71%	-	40 % MINIMO	-	SI CUMPLE
Sales Solubles (%)	0.24%	1 % MAXIMO	0.5 % MAXIMO	SI CUMPLE	

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

"CONFRONTACION DE METODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANISTICO - EMPIRICO MEPDG PARA DISEÑAR PAVIMENTO FLEXIBLE EN VILLA HERMOSA - CASMA"

PLANO:

ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS

LAMINA Nº01:

TESISTAS:

BACH. MARCHAN LEON KIARA MERCEDES
BACH. TAMAYO GUZCA SEBASTIAN EDUARDO

ASESOR:

DR. ABNER ITAMAR LEON BOBADILLA

DISEÑO:

DESAÑO:

ESCALA:

INDICADA

FECHA:

NOV 2025

DISTRITO:

CASMA

PROVINCIA:

CASMA

REGION:

ANCASH

LAMINA:

1/1

P-01

7.7. ANEXO 7. CERTIFICADO DE USO DE LOS LABORATORIOS DE LA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL – UNS

	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA FACULTAD DE INGENIERIA ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL ESTRUCTURANDO TU FUTURO CON SEGURIDAD Y EFICIENCIA	
<u>LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONCRETO</u>		
El que suscribe es el encargado de los Laboratorios de Ensayos de Materiales y Concreto de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional del Santa.		
<u>CERTIFICA</u>		
Que los bachilleres en Ingeniería Civil, MARCHÁN LEÓN KIARA MERCEDES con DNI N°70089231 y TAMAYO CUZCA SEBASTIAN EDUARDO con DNI N°73480087, ex alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional del Santa han registrado su asistencia a estos laboratorios en los periodos de Setiembre 2025 a Noviembre 2025; desarrollando una serie de ensayos correspondientes para cumplir los objetivos de la tesis profesional designada “EVALUACIÓN DE MÉTODOS: AASHTO 93, INSTITUTO DEL ASFALTO Y MECANÍSTICO–EMPÍRICO MEPDG EN EL PAVIMENTO FLEXIBLE DE VILLA HERMOSA – CASMA”, cuyos resultados se obtuvieron en estos laboratorios.		
Se expide el presente a solicitud de los interesados con fines que se estime conveniente.		
 Bach. Javier Ramos Paredes Técnico de Laboratorio de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil		