

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Efecto de la presión atmosférica de la selva alta en  
la determinación del valor de la densidad teórica  
máxima de mezclas asfálticas, Huancayo, 2023**

Stiif Hans Vargas Flores

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TESIS

A : FELIPE GUTARRA MEZA  
Decano de la Facultad de Ingeniería  
DE : Augusto Elías García Corzo  
Asesor de tesis  
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de tesis  
FECHA : 19 de febrero de 2024

---

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para saludarlo y en vista de haber sido designado asesor de la tesis titulada: "EFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023", perteneciente al estudiante BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES, de la E.A.P. de Ingeniería Civil; se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 18 % de similitud (informe adjunto) sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI  NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores  
(Nº de palabras excluidas: 20) SI  NO
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI  NO

En consecuencia, se determina que la tesis constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad.

Recae toda responsabilidad del contenido de la tesis sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios de legalidad, presunción de veracidad y simplicidad, expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales – RENATI y en la Directiva 003-2016-R/UC.

Esperando la atención a la presente, me despido sin otro particular y sea propicia la ocasión para renovar las muestras de mi especial consideración.

Atentamente,



MSc AUGUSTO GARCIA  
CIP: 85267

---

Asesor de tesis

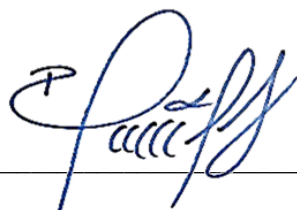
## **DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD**

Yo, Stiff Hans Vargas Flores, identificado(a) con Documento Nacional de Identidad No. 71910166, de la E.A.P. de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería la Universidad Continental, declaro bajo juramento lo siguiente:

1. La tesis titulada: "EFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA – HUANCAYO 2023", es de mi autoría, la misma que presento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para la cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas, por lo que no atenta contra derechos de terceros.
3. La tesis es original e inédita, y no ha sido realizado, desarrollado o publicado, parcial ni totalmente, por terceras personas naturales o jurídicas. No incurre en autoplagio; es decir, no fue publicado ni presentado de manera previa para conseguir algún grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, pues no son falsos, duplicados, ni copiados, por consiguiente, constituyen un aporte significativo para la realidad estudiada.

De identificarse fraude, falsificación de datos, plagio, información sin cita de autores, uso ilegal de información ajena, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a las acciones legales pertinentes.

20 de febrero de 2024.



---

Stiff Hans Vargas Flores

DNI. No. 71910166



# EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>18%</b>	<b>18%</b>	<b>2%</b>	<b>%</b>
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.uncp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>12%</b>
<b>2</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.continental.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>repositorio.ucv.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>5</b>	<b>repositorio.urp.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>6</b>	<b>biblioteca.uajms.edu.bo</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>7</b>	<b>repositorio.uandina.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.upla.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

9	<a href="http://ikee.lib.auth.gr">ikee.lib.auth.gr</a> Fuente de Internet	<1 %
10	<a href="http://guard-ian.com">guard-ian.com</a> Fuente de Internet	<1 %
11	<a href="http://repositorio.une.edu.pe">repositorio.une.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
12	<a href="http://www.coursehero.com">www.coursehero.com</a> Fuente de Internet	<1 %
13	<a href="http://repositorio.uss.edu.pe">repositorio.uss.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
14	<a href="http://www.ncdot.gov">www.ncdot.gov</a> Fuente de Internet	<1 %
15	<a href="http://qdoc.tips">qdoc.tips</a> Fuente de Internet	<1 %
16	<a href="http://docplayer.es">docplayer.es</a> Fuente de Internet	<1 %
17	<a href="http://online-tesis.com">online-tesis.com</a> Fuente de Internet	<1 %
18	<a href="http://repositorio.unsaac.edu.pe">repositorio.unsaac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
19	<a href="http://www.scribd.com">www.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
20	<a href="http://issuu.com">issuu.com</a> Fuente de Internet	<1 %

21	<a href="http://inba.info">inba.info</a> Fuente de Internet	<1 %
22	<a href="http://es.scribd.com">es.scribd.com</a> Fuente de Internet	<1 %
23	<a href="http://www.class.uidaho.edu">www.class.uidaho.edu</a> Fuente de Internet	<1 %
24	<a href="http://www.bportugal.pt">www.bportugal.pt</a> Fuente de Internet	<1 %
25	<a href="http://www.comprasestatales.gub.uy">www.comprasestatales.gub.uy</a> Fuente de Internet	<1 %
26	<a href="http://dspace.ucacue.edu.ec">dspace.ucacue.edu.ec</a> Fuente de Internet	<1 %
27	<a href="http://www.greenwoodleathercrafts.co.uk">www.greenwoodleathercrafts.co.uk</a> Fuente de Internet	<1 %
28	<a href="http://wiki2.org">wiki2.org</a> Fuente de Internet	<1 %
29	<a href="http://repositorio.uancv.edu.pe">repositorio.uancv.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %
30	<a href="http://repositorio.undac.edu.pe">repositorio.undac.edu.pe</a> Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 20 words

Excluir bibliografía

Apagado

## **AGRADECIMIENTOS**

A Dios, por permitirme tener a mis padres, siempre dándome su apoyo, preocupación y paciencia para lograr mis metas, gracias a todos los involucrados que siempre estuvieron a mi lado dándome sus consejos y aliento.

A mi asesor, el Ing. Augusto Elías García Corzo, por sus enseñanzas en las aulas y por su orientación para realizar esta tesis.

A la Universidad no sólo por darme experiencias educativas, sino también por darme experiencias de vida significativas.

## **DEDICATORIA**

A mi familia y a los que me dieron su apoyo incondicional para poder cumplir mis metas y poder superar las dificultades.

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS .....	II
DEDICATORIA .....	III
ÍNDICE .....	IV
ÍNDICE DE TABLAS .....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS .....	XII
RESUMEN .....	XV
ABSTRACT.....	XVI
INTRODUCCIÓN .....	XVII
CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	19
1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA .....	19
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA .....	20
1.2.1. Problema general.....	20
1.2.2. Problemas específicos .....	20
1.3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN .....	21
1.3.1. Objetivo general .....	21
1.3.2. Objetivos específicos.....	21
1.4. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN .....	21
1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN .....	23
1.6. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES .....	23
1.6.1. Hipótesis general .....	23
1.6.2. Hipótesis específicas .....	23
1.7. VARIABLES.....	24
1.7.1. Variable independiente.....	24
1.7.2. Variable dependiente.....	24
1.8. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....	24

CAPÍTULO II. ASPECTOS TEÓRICOS .....	25
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA .....	25
2.1.1. Antecedentes nacionales .....	25
2.1.2. Antecedentes internacionales .....	27
2.2. BASES TEÓRICAS .....	29
2.2.1. Presión atmosférica .....	29
2.2.2. Pavimentos de concreto asfáltico .....	34
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS .....	38
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA .....	40
3.1. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN .....	40
3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....	40
3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN .....	41
3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN .....	41
3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA .....	41
3.5.1. Población .....	41
3.5.2. Muestra .....	42
3.5.3. Muestreo .....	42
3.6. INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN .....	42
3.7. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS .....	43
3.8. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO .....	43
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	44
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES .....	44
4.1.1. Descripción del material granular .....	44
4.1.2. Descripción del cemento asfáltico .....	57
4.2. COMBINACIÓN DE AGREGADOS .....	58
4.2.1. Gradación MAC-1 .....	58
4.2.2. Gradación MAC-2 .....	62

4.2.3. Gradación MAC-3.....	65
4.3. ENSAYO RICE.....	67
4.3.1. Densidad teórica máxima (Ensayo Rice) en Chanchamayo.....	68
4.3.2. Densidad teórica máxima (Ensayo Rice) en Villa Rica.....	75
4.3.3. Densidad teórica máxima (Ensayo Rice) en Lima.....	82
4.3.4. Resultados resumen de Ensayo de Rice.....	89
4.4. ENSAYO DE MARSHALL.....	92
4.4.1. Propiedades mecánicas (Rice en Chanchamayo).....	93
4.4.2. Propiedades mecánicas (Rice en Villa Rica).....	105
4.4.3. Propiedades mecánicas (Rice en Lima).....	116
4.4.4. Resultados resumen.....	128
4.5. EFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA.....	137
4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	141
4.6.1. Densidad teórica máxima (Ensayo Rice en Chanchamayo).....	141
4.6.2. Densidad teórica máxima (Ensayo Rice en Villa Rica).....	148
4.6.3. Densidad teórica máxima (Ensayo Rice en Lima).....	155
4.6.4. Porcentaje de vacíos (Ensayo Rice en Villa Rica).....	163
4.6.5. Flujo (Ensayo Rice en Villa Rica).....	170
4.6.6. Estabilidad (Ensayo Rice en Villa Rica).....	178
4.6.7. Efecto de la presión atmosférica de la selva alta.....	185
4.6.8. Efecto de la presión atmosférica a nivel del mar.....	189
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	194
CONCLUSIONES.....	194
RECOMENDACIONES.....	196
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	198
ANEXOS.....	200
ANEXO 1. PANEL FOTOGRÁFICO.....	200



ANEXO 2. CERTIFICADOS DE ENSAYO.....	223
ANEXO 3. MATRIZ DE CONSISTENCIA.....	266

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de la variable.....	24
Tabla 2. Centros poblados por rango altitudinal en Perú.....	32
Tabla 3. Fuente de agregados .....	45
Tabla 4. Resultados de granulometría piedra chancada ¾” – Cantera de Pilcomayo.....	46
Tabla 5. Resultados de granulometría piedra chancada ¾” – Cantera de Pilcomayo.....	48
Tabla 6. Resultados de granulometría arena natural – Cantera de Pilcomayo .....	49
Tabla 7. Resultados de granulometría arena chancada – Cantera de Pilcomayo.....	50
Tabla 8. Resultados de granulometría piedra chancada ½” – Cantera de La Huaycha ..	52
Tabla 9. Resultados de granulometría arena natural – Cantera de La Huaycha .....	53
Tabla 10. Resultados de granulometría arena chancada – Cantera de La Huaycha .....	54
Tabla 11. Resultados de granulometría cal hidratada .....	56
Tabla 12. Tipo de cemento asfáltico según penetración .....	57
Tabla 13. Características del cemento asfáltico PEN 60/70 .....	58
Tabla 14. Huso granulométrico MAC-1 .....	59
Tabla 15. Combinación de agregados con huso granulométrico MAC-1.....	59
Tabla 16. Pesos de agregados de combinación teórica por gradación MAC-1 .....	61
Tabla 17. Huso granulométrico MAC-2 .....	62
Tabla 18. Combinación de agregados con huso granulométrico MAC-2.....	62
Tabla 19. Pesos de agregados de combinación teórica por gradación MAC-2 .....	64
Tabla 20. Huso granulométrico MAC-3 .....	65
Tabla 21. Combinación de agregados con huso granulométrico MAC-3.....	65
Tabla 22. Pesos de agregados de combinación teórica por gradación MAC-3 .....	67
Tabla 23. Datos de ensayo de Rice - Diseño MAC-1 Chanchamayo .....	68
Tabla 24. Resultados de ensayo de Rice - Diseño MAC-1 Chanchamayo.....	69
Tabla 25. Datos de ensayo de Rice - Diseño MAC-2 Chanchamayo .....	71
Tabla 26. Resultados de ensayo de Rice - Diseño MAC-2 Chanchamayo.....	71
Tabla 27. Datos de ensayo de Rice - Diseño MAC-3 Chanchamayo .....	73
Tabla 28. Resultados de ensayo de Rice - Diseño MAC-3 Chanchamayo.....	74
Tabla 29. Datos de ensayo de Rice - Diseño MAC-1 Villa Rica.....	75
Tabla 30. Resultados de ensayo de Rice - Diseño MAC-1 Villa Rica .....	76
Tabla 31. Datos de ensayo de Rice - Diseño MAC-2 Villa Rica.....	78

Tabla 32. Resultados de ensayo de Rice - Diseño MAC-2 Villa Rica .....	78
Tabla 33. Datos de ensayo de Rice - Diseño MAC-3 Villa Rica.....	80
Tabla 34. Resultados de ensayo de Rice - Diseño MAC-3 Villa Rica .....	81
Tabla 35. Datos de ensayo de Rice - Diseño MAC-1 Lima .....	82
Tabla 36. Resultados de ensayo de Rice - Diseño MAC-1 Lima .....	83
Tabla 37. Datos de ensayo de Rice - Diseño MAC-2 Lima .....	85
Tabla 38. Resultados de ensayo de Rice - Diseño MAC-2 Lima .....	85
Tabla 39. Datos de ensayo de Rice - Diseño MAC-3 Lima .....	87
Tabla 40. Resultados de ensayo de Rice - Diseño MAC-3 Lima .....	88
Tabla 41. Propiedades mecánicas para Diseño MAC-1 Chanchamayo.....	94
Tabla 42. Óptimo contenido de asfalto (5.15%) Diseño MAC-1 Chanchamayo .....	96
Tabla 43. Propiedades mecánicas para Diseño MAC-2 Chanchamayo.....	98
Tabla 44. Óptimo contenido de asfalto (5.30%) Diseño MAC-2 Chanchamayo .....	100
Tabla 45. Propiedades mecánicas para Diseño MAC-3 Chanchamayo.....	102
Tabla 46. Óptimo contenido de asfalto (5.37%) Diseño MAC-3 Chanchamayo .....	104
Tabla 47. Propiedades mecánicas para Diseño MAC-1 Villa Rica .....	106
Tabla 48. Óptimo contenido de asfalto (4.94%) Diseño MAC-1 Villa Rica.....	108
Tabla 49. Propiedades mecánicas para Diseño MAC-2 Villa Rica .....	110
Tabla 50. Óptimo contenido de asfalto (5.17%) Diseño MAC-2 Villa Rica.....	112
Tabla 51. Propiedades mecánicas para Diseño MAC-3 Villa Rica .....	114
Tabla 52. Óptimo contenido de asfalto (5.29%) Diseño MAC-3 Villa Rica.....	116
Tabla 53. Propiedades mecánicas para Diseño MAC-1 Lima .....	118
Tabla 54. Óptimo contenido de asfalto (5.22%) Diseño MAC-1 Lima.....	120
Tabla 55. Propiedades mecánicas para Diseño MAC-2 Lima .....	122
Tabla 56. Óptimo contenido de asfalto (5.35%) Diseño MAC-2 Lima.....	124
Tabla 57. Propiedades mecánicas para Diseño MAC-3 Lima .....	126
Tabla 58. Óptimo contenido de asfalto (5.45%) Diseño MAC-3 Lima.....	128
Tabla 59. Detallado estadístico para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) para ensayo de Rice en Chanchamayo .....	141
Tabla 60. Distribución paramétrica para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) para ensayo de Rice en Chanchamayo.....	145
Tabla 61. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-1 para ensayo de Rice en Chanchamayo.....	146

Tabla 62. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-2 para ensayo de Rice en Chanchamayo.....	147
Tabla 63. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-3 para ensayo de Rice en Chanchamayo.....	147
Tabla 64. Detallado estadístico para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) para ensayo de Rice en Villa Rica .....	148
Tabla 65. Distribución paramétrica para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) para ensayo de Rice en Villa Rica .....	153
Tabla 66. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-1 para ensayo de Rice en Villa Rica .....	154
Tabla 67. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-2 para ensayo de Rice en Villa Rica .....	154
Tabla 68. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-3 para ensayo de Rice en Villa Rica .....	154
Tabla 69. Detallado estadístico para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) para ensayo de Rice en Lima.....	156
Tabla 70. Distribución paramétrica para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) para ensayo de Rice en Lima .....	160
Tabla 71. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-1 para ensayo de Rice en Lima .....	161
Tabla 72. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-2 para ensayo de Rice en Lima .....	162
Tabla 73. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-3 para ensayo de Rice en Lima .....	162
Tabla 74. Detallado estadístico para porcentaje de vacíos (%) Villa Rica.....	163
Tabla 75. Distribución paramétrica para porcentaje de vacíos (%) Villa Rica.....	168
Tabla 76. Prueba bivariada para porcentaje de vacíos (%) MAC-1 Villa Rica .....	169
Tabla 77. Prueba bivariada para porcentaje de vacíos (%) MAC-2 Villa Rica .....	169
Tabla 78. Prueba bivariada para porcentaje de vacíos (%) MAC-3 Villa Rica .....	169
Tabla 79. Detallado estadístico para flujo (mm) Villa Rica .....	171
Tabla 80. Distribución paramétrica para flujo (mm) Villa Rica.....	175
Tabla 81. Prueba bivariada para flujo (mm) MAC-1 Villa Rica .....	176
Tabla 82. Prueba bivariada para flujo (mm) MAC-2 Villa Rica .....	176
Tabla 83. Prueba bivariada para flujo (mm) MAC-3 Villa Rica .....	177

Tabla 84. Detallado estadístico para estabilidad (kg) Villa Rica.....	178
Tabla 85. Distribución paramétrica para estabilidad (kg) Villa Rica .....	182
Tabla 86. Prueba bivariada para estabilidad (kg) MAC-1 Villa Rica.....	183
Tabla 87. Prueba bivariada para estabilidad (kg) MAC-2 Villa Rica.....	184
Tabla 88. Prueba bivariada para estabilidad (kg) MAC-3 Villa Rica.....	184
Tabla 89. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-1 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Villa Rica .....	185
Tabla 90. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-2 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Villa Rica .....	187
Tabla 91. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-3 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Villa Rica .....	188
Tabla 92. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-1 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Lima .....	189
Tabla 93. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-2 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Lima .....	191
Tabla 94. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-3 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Lima .....	192

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Equipo de Rice para determinación de densidad teórica máxima.....	19
Figura 2. Equipo necesario para el ensayo de rice.....	20
Figura 3. Presión atmosférica .....	29
Figura 4. Barómetro simple tipo reloj.....	31
Figura 5. Barómetro de mercurio.....	32
Figura 6. Cantera de material granular – Cantera de Pilcomayo .....	45
Figura 7. Cantera de material granular – Cantera La Huaycha .....	46
Figura 8. Curva granulométrica piedra chancada de $\frac{3}{4}$ ” – Cantera de Pilcomayo .....	47
Figura 9. Curva granulométrica piedra chancada de $\frac{1}{2}$ ” – Cantera de Pilcomayo .....	49
Figura 10. Curva granulométrica arena natural – Cantera de Pilcomayo.....	50
Figura 11. Curva granulométrica arena chancada – Cantera de Pilcomayo .....	51
Figura 12. Curva granulométrica piedra chancada de $\frac{1}{2}$ ” – Cantera de La Huaycha.....	53
Figura 13. Curva granulométrica arena natural – Cantera de La Huaycha.....	54
Figura 14. Curva granulométrica arena chancada – Cantera de La Huaycha.....	55
Figura 15. Curva granulométrica cal hidratada .....	57
Figura 16. Curva granulométrica con huso granulométrico MAC-1 .....	60
Figura 17. Curva granulométrica con huso granulométrico MAC-2.....	63
Figura 18. Curva granulométrica con huso granulométrico MAC-3.....	66
Figura 19. Gráfica de ensayo de Rice - Diseño MAC-1 Chanchamayo .....	70
Figura 20. Gráfica de ensayo de Rice - Diseño MAC-2 Chanchamayo .....	72
Figura 21. Gráfica de ensayo de Rice - Diseño MAC-3 Chanchamayo .....	75
Figura 22. Gráfica de ensayo de Rice - Diseño MAC-1 Villa Rica.....	77
Figura 23. Gráfica de ensayo de Rice - Diseño MAC-2 Villa Rica.....	79
Figura 24. Gráfica de ensayo de Rice - Diseño MAC-3 Villa Rica.....	82
Figura 25. Gráfica de ensayo de Rice - Diseño MAC-1 Lima .....	84
Figura 26. Gráfica de ensayo de Rice - Diseño MAC-2 Lima .....	86
Figura 27. Gráfica de ensayo de Rice - Diseño MAC-3 Lima .....	89
Figura 28. Gráfica resumen de densidad teórica máxima del diseño MAC-1 .....	90
Figura 29. Gráfica resumen de densidad teórica máxima del diseño MAC-2.....	91
Figura 30. Gráfica resumen de densidad teórica máxima del diseño MAC-3 .....	92
Figura 31. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-1 Chanchamayo .....	95
Figura 32. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-1 Chanchamayo.....	95

Figura 33. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-1 Chanchamayo .....	96
Figura 34. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-2 Chanchamayo .....	99
Figura 35. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-2 Chanchamayo .....	99
Figura 36. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-2 Chanchamayo .....	100
Figura 37. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-3 Chanchamayo ..	103
Figura 38. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-3 Chanchamayo ..	103
Figura 39. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-3 Chanchamayo .....	104
Figura 40. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-1 Villa Rica.....	107
Figura 41. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-1 Villa Rica .....	107
Figura 42. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-1 Villa Rica ..	108
Figura 43. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-2 Villa Rica.....	111
Figura 44. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-2 Villa Rica .....	111
Figura 45. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-2 Villa Rica ..	112
Figura 46. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-3 Villa Rica.....	115
Figura 47. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-3 Villa Rica .....	115
Figura 48. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-3 Villa Rica ..	116
Figura 49. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-1 Lima.....	119
Figura 50. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-1 Lima .....	119
Figura 51. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-1 Lima .....	120
Figura 52. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-2 Lima.....	123
Figura 53. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-2 Lima .....	123
Figura 54. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-2 Lima .....	124
Figura 55. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-3 Lima.....	127
Figura 56. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-3 Lima .....	127
Figura 57. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-3 Lima .....	128
Figura 58. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) – Rice en Chanchamayo .....	129
Figura 59. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) – Rice en Chanchamayo.....	130
Figura 60. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) – Rice en Chanchamayo.....	131
Figura 61. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) – Rice en Villa Rica.....	132
Figura 62. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) – Rice en Villa Rica .....	133
Figura 63. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) – Rice en Villa Rica .....	134

Figura 64. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) – Rice en Lima.....	135
Figura 65. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) – Rice en Lima .....	136
Figura 66. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) – Rice en Lima .....	137
Figura 67. Porcentaje de óptimo contenido de cemento asfáltico (%) para cada diseño según lugar de ensayo de Rice .....	138
Figura 68. Flujo (mm) para cada diseño según lugar de ensayo de Rice .....	139
Figura 69. Estabilidad (kg) para cada diseño según lugar de ensayo de Rice .....	140
Figura 70. Diagrama de burbujas para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) para ensayo de Rice en Chanchamayo .....	148
Figura 71. Diagrama de burbujas para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) para ensayo de Rice en Villa Rica .....	155
Figura 72. Diagrama de burbujas para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) para ensayo de Rice en Lima.....	163
Figura 73. Diagrama de burbujas para porcentaje de vacíos (%) Villa Rica.....	170
Figura 74. Diagrama de burbujas para flujo (mm) Villa Rica .....	177
Figura 75. Diagrama de burbujas para estabilidad (kg) Villa Rica .....	185
Figura 76. Diagrama de burbujas para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-1 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Villa Rica .....	186
Figura 77. Diagrama de burbujas para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-2 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Villa Rica .....	187
Figura 78. Diagrama de burbujas para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-3 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Villa Rica .....	189
Figura 79. Diagrama de burbujas para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-1 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Lima .....	190
Figura 80. Diagrama de burbujas para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-2 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Lima .....	191
Figura 81. Diagrama de burbujas para densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) MAC-3 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Lima .....	193



## RESUMEN

Dentro del diseño de mezclas asfálticas, se requiere determinar la volumetría de mezclas para una adecuada obtención del óptimo contenido asfáltico de acuerdo a criterios propuestos por los requerimientos normativos. Encontrando de esta forma una creciente necesidad de optimizar estos procesos que pueden llegar a alterar de forma significativa el presupuesto correspondiente a la producción de mezclas asfálticas en caliente. Por ello, se propone por objetivo principal el establecer en qué medida afecta la presión atmosférica de la selva Alta, en la determinación del valor de la densidad teórica máxima de mezclas asfáltica. Teniendo presente que el estudio se centra en establecer criterios comparativos para mezclas asfálticas proyectadas a trabajar en la Selva alta del país.

Para determinar estos criterios comparativos en la variación de las propiedades producto de una diversificación en la presión atmosférica correspondiente a la Selva alta, se propone realizar disímiles diseños de mezcla que respondan a ensayos de Rice que determinen su densidad teórica máxima en función a tres diferentes puntos de toma (Lima, Chanchamayo y Villa Rica). Con la obtención de los resultados de densidad teórica máxima se establecen variaciones del óptimo contenido asfáltico en cada una de las propiedades mecánicas y volumétricas. Encontrando que efectivamente la variación de la densidad teórica máxima (Rice) influye de forma representativa en la determinación del óptimo contenido asfáltico.

Los resultados obtenidos en función a la variación en la toma de la densidad teórica máxima para encontrar un punto de equivalencia para la Selva alta, lleva a la conclusión principal de que existen alteraciones en propiedades de diseño correspondientes a la determinación de óptimo contenido de ligante asfáltico. Teniendo que para la Selva alta desciende un 1.49% en el óptimo contenido asfáltico (Villa Rica).

**PALABRAS CLAVE:** Ensayo Rice, densidad teórica máxima, estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos, selva alta

## ABSTRACT

Within the design of asphalt mixes, it is necessary to determine the volumetry of mixes to adequately obtain the optimum asphalt content according to the criteria proposed by the regulatory requirements. Finding in this way a growing need to optimize these processes that can significantly alter the budget for the production of hot mix asphalt. For this reason, the main objective is to establish to what extent the atmospheric pressure of the Selva Alta affects the determination of the value of the maximum theoretical density of asphalt mixtures. Keeping in mind that the study focuses on establishing comparative criteria for asphalt mixes designed to work in the high jungle of the country.

In order to determine these comparative criteria in the variation of the properties resulting from a diversification in the atmospheric pressure corresponding to the High Forest, it is proposed to carry out dissimilar mix designs that respond to Rice tests that determine their maximum theoretical density based on three different points. intake (Lima, Chanchamayo and Villa Rica). With the obtaining of the results of maximum theoretical density, variations of the optimum asphalt content are established in each of the mechanical and volumetric properties. Finding that indeed the variation of the maximum theoretical density (Rice) influences in a representative way the determination of the optimal asphalt content.

The results obtained based on the variation in taking the maximum theoretical density to find an equivalence point for the High Forest, lead to the main conclusion that there are alterations in design properties corresponding to the determination of optimal asphalt binder content. Having that for the High Forest it descends 1.49% in the optimal asphalt content (Villa Rica).

**KEY WORDS:** Rice trial, maximum theoretical density, stability, flow, percentage of voids, selva alta.

## INTRODUCCIÓN

La industria de la pavimentación juega un papel esencial en el desarrollo y la infraestructura de cualquier país, proporcionando redes de carreteras seguras y duraderas que permiten el transporte eficiente de bienes y personas. En esta búsqueda de pavimentos más resistentes y duraderos, se ha centrado considerablemente en la optimización de las mezclas asfálticas utilizadas en la construcción y mantenimiento de carreteras. Uno de los factores críticos en la formulación de mezclas asfálticas es la densidad teórica máxima, ya que influye directamente en la resistencia y durabilidad de la capa asfáltica.

En este contexto, el presente estudio se enfoca en investigar el efecto de la presión atmosférica de la selva alta en la determinación del valor de la densidad teórica máxima de mezclas asfálticas. La selva alta de Perú, específicamente en las regiones de Lima, Chanchamayo y Villa Rica, se caracteriza por su variabilidad en condiciones climáticas y atmosféricas a lo largo del año. Estas variaciones pueden influir en las propiedades de las mezclas asfálticas utilizadas en la construcción de carreteras en esta región, lo que a su vez puede afectar la durabilidad y el rendimiento de las carreteras.

El estudio se basa en la evaluación de tres diseños de mezcla asfáltica, denominados MAC1, MAC2 y MAC3, que pueden llegar a ser empleados en proyectos de pavimentación en la selva alta del Perú. Estos diseños de mezcla se someterán a ensayos de densidad teórica máxima utilizando la metodología de Rice, que es ampliamente reconocida en la industria de la pavimentación para determinar la densidad máxima teórica de las mezclas asfálticas. Los ensayos se llevarán a cabo en tres ubicaciones diferentes: Lima, Chanchamayo y Villa Rica, para capturar la variabilidad climática y atmosférica en la selva alta y evaluar cómo estas condiciones pueden afectar las propiedades de las mezclas asfálticas bajo los criterios de selección del óptimo contenido asfáltico.

El objetivo principal de este estudio es proporcionar una comprensión más profunda de cómo la presión atmosférica en la selva alta puede influir en la densidad teórica máxima de las mezclas asfálticas utilizadas en la región. Los resultados de esta investigación serán de gran importancia para los ingenieros de pavimentos y los

profesionales de la construcción de carreteras, ya que ayudarán a optimizar la selección y formulación de mezclas asfálticas en la selva alta de Perú, contribuyendo así a la construcción de carreteras más duraderas y seguras en esta región geográficamente diversa.

## CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

### 1.1. DETERMINACIÓN DEL PROBLEMA

Como parte del desarrollo de vías en una comunidad, el diseño adecuado de las mezclas asfálticas tiene un impacto significativo en el comportamiento de la carpeta y su durabilidad. Considerando que las carreteras tienen un impacto significativo en el crecimiento económico de una nación al facilitar la comunicación y el comercio en la zona. Debido a que el comportamiento de una estructura vial depende del diseño de la mezcla asfáltica, el estudio se centra en determinar en qué medida la presión atmosférica del entorno influye en la determinación de la densidad teórica máxima, que se obtiene mediante el ensayo de arroz. Este dispositivo está compuesto por una bomba de vacío que se ve afectada por la presión del aire.

Debido a la gran altura de la región, es posible que la carpeta de rodadura tienda a presentar fallas tempranas sobre su superficie. Por lo tanto, alterar las propiedades mecánicas y volumétricas de diseño como resultado del efecto de la presión atmosférica en la densidad teórica máxima puede ser un problema a nivel local.



Figura 1. Equipo de Rice para determinación de densidad teórica máxima

Fuente: Universidad de los Andes (Mérida)



Figura 2. Equipo necesario para el ensayo de Rice  
Fuente: Invias – Universidad de los Andes (Mérica)

En tal sentido la investigación titulada “Efecto de la presión atmosférica de la selva Alta, en la determinación del valor de la densidad teórica máxima de mezclas asfáltica - Huancayo 2023” busca determinar en qué medida la presión atmosférica de las poblaciones ubicadas en la selva alta, afecta el valor del parámetro importante para el diseño como lo es la densidad teórica máxima. Se sabe que normalmente este ensayo se debe de hacer a nivel del mar. Esta investigación podrá dar información para ver si la variación invalida el diseño o hasta qué punto se puede tolerar la variación y no afecta la determinación del óptimo contenido de asfalto.

## 1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

### 1.2.1. Problema general

¿En qué medida afecta la presión atmosférica de la selva Alta, en la determinación del valor de la densidad teórica máxima de mezclas asfáltica - Huancayo 2023?

### 1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es la variación de la **densidad teórica máxima** en los distintos diseños de mezcla asfáltica en caliente a distintos niveles de **presión atmosférica de la selva alta**, evaluado con el ensayo de ensayo Rice?
- ¿Cuál es la variación de la **densidad teórica máxima** en los distintos diseños de mezcla asfáltica en caliente a distintos niveles de **presión atmosférica a nivel del mar**, evaluado con el ensayo de ensayo Rice?

- ¿En qué medida afecta la presión atmosférica de la selva Alta, en la determinación del porcentaje óptimo de asfalto mezclas asfáltica - Huancayo 2023?

### 1.3. OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

#### 1.3.1. Objetivo general

Determinar en qué medida afecta la presión atmosférica de la selva Alta, en la determinación del valor de la densidad teórica máxima de mezclas asfáltica - Huancayo 2023.

#### 1.3.2. Objetivos específicos

- Disponer cuál es la variación de la **densidad teórica máxima** en los distintos diseños de mezcla asfáltica en caliente a distintos niveles de **presión atmosférica de la selva alta**, evaluado con el ensayo de ensayo Rice.
- Disponer cuál es la variación de la **densidad teórica máxima** en los distintos diseños de mezcla asfáltica en caliente a distintos niveles de **presión atmosférica a nivel del mar**, evaluado con el ensayo de ensayo Rice.
- Establecer en qué medida afecta la **presión atmosférica de la selva Alta**, en la determinación del porcentaje óptimo de asfalto mezclas asfáltica - Huancayo 2023.

### 1.4. IMPORTANCIA Y ALCANCES DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.4.1. Justificación metodológica

La justificación metodológica de mi investigación se fundamenta en un conjunto de principios y parámetros de la Norma Técnica Peruana, establecidos mediante la aplicación de métodos de ensayo rice para analizar cambios en los resultados de los ensayos a diferentes altitudes del nivel del mar.

En esta investigación, se usó asfalto tipo PEN 60/70, dependiendo de la temperatura media anual de 15°C a 24°C.

#### **1.4.2. Justificación práctica**

Esto está respaldado por procesos normativos establecidos que me permiten cuantificar mis objetivos de investigación.

Puedo realizar el ensayo de rice en Lima, Chanchamayo y Villa Rica, para poder analizar un nivel de confiabilidad en el ensayo a partir de alturas bajas situadas en Lima, que es lo recomendado para obtener un correcto análisis de la densidad teórica máxima, además poder obtener un ajuste en el ensayo de rice mediante un factor que permita corregir los valores, de igual modo aumentar la confiabilidad del ensayo para su aplicabilidad en zonas de selva alta.

#### **1.4.3. Justificación económica**

La justificación económica de la investigación, se relaciona en función del tiempo y el costo.

Para proyectos masivos realizados en la selva alta, se pretende por lo general enviar muestras de mezcla asfáltica a ser analizadas por densidad teórica máxima a la ciudad de Lima. Esto conlleva que el proyecto requiera mayor tiempo para poder analizar la volumetría de la muestra; por consiguiente, genera pérdidas económicas importantes.

Esta investigación permitirá una calibración eficaz in situ del ensayo Rice de manera eficiente en obra.

#### **1.4.4. Importancia y alcances**

La importancia del presente estudio radica en la evaluación de la densidad teórica máxima obtenida mediante el ensayo de Rice a distintos niveles de presión atmosférica, de esta manera obtener una ecuación de ajuste que permita corregir la densidad teórica máxima en función de la altura de la localidad donde se evalué la densidad teórica máxima.

El alcance de la investigación se fundamenta en los ensayos realizados a partir de la toma de resultados hasta los 3259 m.s.n.m. al tura que es de donde se plantea realizar la investigación, adicionalmente de este alcance también es importante tener en consideración que los diseños de mezcla asfáltica en caliente con



variaciones granulométricas serán elaborados con materiales correspondientes a su obtención en la región de Huancayo, por lo que sería necesario realizar algunos ajustes en la ecuación para aplicación en otras localidades de mayor altura de ensayo.

## **1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN**

El presente estudio se delimita de forma temporal a 12 semanas aproximadamente programadas a partir de la propuesta del tema de investigación, la resolución de los objetivos planteados mediante ensayos de laboratorio y campo para finalmente conseguir sustentar la investigación y conseguir aprobar los ajustes por altura en la densidad teórica máxima de las mezclas asfálticas en caliente.

El estudio también se delimita de forma espacial ante la aplicabilidad de la ecuación de ajuste de la densidad teórica máxima por variación en la presión atmosférica en Villa Rica con 3259 m.s.n.m. debido a que él se enfoca en la aplicabilidad de la ecuación de ajuste para esta región. Teniendo de esta manera que realizar correcciones a través de ensayos adicionales para su aplicación en otras regiones o localidades.

## **1.6. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES**

### **1.6.1. Hipótesis general**

La presión atmosférica de la selva Alta afecta la determinación del valor de la densidad teórica máxima de mezclas asfáltica - Huancayo 2023.

### **1.6.2. Hipótesis específicas**

- La **presión atmosférica de la selva alta** influye en el valor de la densidad **teórica máxima** en los distintos diseños de mezcla asfáltica en caliente a distintos niveles, evaluado con el ensayo de ensayo Rice.
- La **presión atmosférica a nivel de mar** influye en el valor de la densidad **teórica máxima** en los distintos diseños de mezcla asfáltica en caliente a distintos niveles, evaluado con el ensayo de ensayo Rice.
- La **presión atmosférica de la selva Alta** afecta la determinación del porcentaje óptimo de asfalto mezclas asfáltica - Huancayo 2023.

## 1.7. VARIABLES

### 1.7.1. Variable independiente

Presión atmosférica.

### 1.7.2. Variable dependiente

Densidad Teórica Máxima.

## 1.8. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 1. Operacionalización de la variable

VARIABLES	Definición Conceptual	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala
VI: Presión atmosférica de selva alta	La presión atmosférica es la fuerza por unidad de superficie que ejerce el aire que forma la atmósfera sobre la superficie terrestre. El valor de la presión atmosférica sobre el nivel del mar es de 1013,25 hPa	<p><b>D1:</b> Elevación Lima 287.00 msnm P.A.: 984 hPa a 989 hPa</p> <p><b>D2:</b> Elevación Chanchamayo 751.00 msnm P.A.: 1013 hPa a 1016 hPa</p> <p><b>D3:</b> Elevación villa rica 3,259.00 msnm P.A.: 1004 hPa a 1011 hPa</p>	<p>I1: Ensayo MTC E 501 – Muestras de mezcla asfáltica</p> <p>I2: Empleo de altímetro para toma de altura</p> <p>I3: Empleo de barómetro para toma de presión atm.</p> <p>I1: Ensayo MTC E 501 – Muestras de mezcla asfáltica</p> <p>I2: Empleo de altímetro para toma de altura</p> <p>I3: Empleo de barómetro para toma de presión atm.</p> <p>I1: Ensayo MTC E 501 – Muestras de mezcla asfáltica</p> <p>I2: Empleo de altímetro para toma de altura</p> <p>I3: Empleo de barómetro para toma de presión atm.</p>	Ficha de recolección de datos	Razón
VD: Densidad Teórica Máxima	Las propiedades volumétricas de la mezcla, es decir, los vacíos de aire, los vacíos en el agregado mineral (VMA) y los vacíos llenos de asfalto (VLLA), son propiedades empíricas que controlan el comportamiento de la mezcla.	<p><b>D1:</b> densidad teórica máxima</p> <p><b>D2:</b> Optimo contenido de asfalto</p>	<p>I1: MTC E 508 peso específico teórico máximo de mezclas asfálticas para pavimentos</p> <p>MTC E 504 Resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall</p>	Ficha de recolección de datos	Razón

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO II. ASPECTOS TEÓRICOS

### 2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

#### 2.1.1. Antecedentes nacionales

Según (Aguilar Ampuero & Valer Arotaipe, 2021) en la tesis titulada: “Análisis del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica convencional frente a una mezcla asfáltica adicionada con botellas de plástico trituradas recicladas (BPTR) y granos de neumáticos reciclados (GNR) con agregados de la región del Cusco”, El objetivo de esta investigación, que se lleva a cabo con el fin de obtener el título de ingeniero civil, es estudiar las características mecánicas de una mezcla asfáltica tradicional y modificada utilizando botellas de plástico trituradas recicladas y granos de neumáticos reciclados con agregados de Cusco. Para lograrlo, se utilizó una técnica que incluyó la creación de muestras de Marshall y la evaluación de sus propiedades mecánicas mediante ensayos de laboratorio. Además, se evaluará la resistencia al daño por humedad y a la deformación permanente. Y los resultados obtenidos al emplear la metodología planteada, fueron obtenidos para una muestra convencional y para una muestra modificada con 0.8% de la relación del 25% de botellas de plástico trituradas y 75% de granos de neumáticos reciclados, y se obtuvo que la estabilidad del asfalto convencional es de 1305.67 kg y para la mezcla modificada es de 1372.25 kg, respecto a la deformación permanente, la mezcla convencional presenta 12.5 mm y la mezcla modificada 9.07 mm, la fluencia obtenida para la muestra convencional fue de 3.413 mm y para la mezcla modificada es de 3.433 mm. En conclusión, las propiedades mecánicas de una mezcla convencional, los parámetros volumétricos y su resistencia al daño inducido por la humedad mejoraron con el uso de modificadores en proporciones de 25-75% y ligante asfáltico en 5.23%. Las combinaciones se realizaron con el huso MAC 2, pero el diseño de Superpave es mejor con el ensayo de rueda de Hamburgo porque el huso Superpave requiere un valor más aproximado del 84.6% para cumplir con las especificaciones.

Según (Reyes Tacza, 2020) en la tesis titulada: “Comportamiento físico-mecánico de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo”, realizada para optar el título de ingeniero civil, tiene como objetivo

analizar las propiedades físico y mecánicas de mezclas asfálticas en caliente del distrito de Mazamari en Satipo, y determinar el comportamiento de estas propiedades. Para el desarrollo de su investigación se optó por trabajar en una temperatura de mezcla de 142 °C a 150 °C, el huso granulométrico cumplió con los requerimientos de la MAC 2, y se obtuvo como óptimo contenido de asfalto 5.8%, tras realizar los ensayos de Marshall y mediante RICE se obtuvo un peso específico máximo de 2.477 y 2.470 gr/cm<sup>3</sup> y las deflexiones fueron de 41.6 x 10<sup>-2</sup> mm y el radio de curvatura de 164.3 m. Respecto a propiedades físico-mecánicas con una combinación de agregados que consiste en 26% de piedra chancada, 42% de arena chancada y 32% de arena zarandeada, y un 5.8% de ligante asfáltico pen 60/70. Los porcentajes de vacíos obtenidos fueron del 4.3%, 17.5% de vacíos en agregado mineral y de 75.7% de vacíos llenos de cemento asfáltico. La conclusión al evaluar las propiedades físico y mecánicas y el comportamiento estructural de la mezcla se obtuvo una deflexión de 37.5 x 10<sup>-2</sup> mm lo que indica un buen comportamiento estructural del pavimento ante las sollicitaciones de carga a la que fue sometida.

Según (De la Cruz Bazán & Porras Zavala, 2015) en la tesis titulada: “Evaluación de desempeño de mezclas asfálticas en caliente diseñadas por la metodología Marshall con el ensayo de la rueda cargada de Hamburgo para el proyecto de rehabilitación de la carretera Dv Imperial-PampasLa investigación, realizada con el fin de obtener un título de ingeniero civil, tiene como objetivo principal evaluar la calidad de la carpeta de rodadura en comparación con la rueda de carga de Hamburgo, utilizando el método de Marshall para la rehabilitación de una carretera en la región de Pampas. Los resultados obtenidos comprobaron que los agregados y filler sometidos al análisis granulométrico cumplen con los requerimientos del método de Marshall. EL óptimo de cemento asfáltico es del 6.8%, con un porcentaje de vacíos de 2.6%, el VMA es de 17.5%, fluencia de 3.7 mm y una estabilidad de 972 kg. Respecto al ensayo de la Rueda de Hamburgo se realizó un primer ensayo en el que sólo llegaron a las 9664 pasadas de 20000, por lo que se tuvo que variar los porcentajes de los agregados en las combinaciones, y así se redujo la arena chancada a un 27% y se aumentó la arena natural al 32%, y se alcanzaron 19974 pasadas de 20000. En conclusión, los resultados se obtuvieron en el comienzo de aprobación, entendiendo el uso

de las duras condiciones impuestas por la prueba de la rueda se mejora el tamaño de partícula, la arena se clasifica en la inversión y el MAC se mantiene alejado del área de riesgo debido al endurecimiento y también se mejoraron las proporciones del cemento asfáltico en las mezclas asfálticas.

### **2.1.2. Antecedentes internacionales**

Según (Hernández Cabrera & Ramírez Rodríguez, 2016) en la tesis titulada: “Análisis de la influencia del grado de compactación de una mezcla asfáltica en su deformación permanente y la susceptibilidad a la humedad”, El objetivo de esta investigación, que se lleva a cabo con el fin de obtener el título de ingeniero civil, es investigar cómo la densidad y los vacíos creados por el grado de compactación pueden afectar la susceptibilidad al agua de las capas de asfalto ante la falla de deformación permanente. Para lograrlo, se utilizaron técnicas para preparar mezclas asfálticas de prueba, medir el contenido de asfalto y la densidad del arroz, y finalmente realizar ensayos de resistencia a la deformación plástica y evaluación de la susceptibilidad al agua. Los resultados al aplicar la metodología planteada fueron que al realizar el ensayo de resistencia y evaluar su relación con el grado de compactación, las probetas con resistencia más elevadas fueron las sometidas a humedad, y que a menor grado de compactación mejor es la resistencia, además, también demostró influir en el ahuellamiento, ya que entre las probetas compactadas al 94% y al 90% se generó una diferencia de ahuellamiento de 0.415 mm, lo que los lleva a determinar que a menor ahuellamiento mayor es el grado de compactación y viceversa. En conclusión, se necesitarán ensayos con grados de compactación superiores al 96.1% para obtener una relación de resistencia superior al 80 %. La presencia de ahuellamientos depende del grado de compactación, ya que los ensayos han demostrado que es necesario garantizar valores de compactación bajos para evitar la presencia de ahuellamientos.

Según (Capa Moya, 2017) en la tesis titulada: “Análisis del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica abierta con la adición de fibras de acero”, Tiene como objetivo general el análisis de las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica abierta modificada con fibras de acero y se realiza para optar por el título de ingeniero civil. Variando la adición de fibra de acero en 1 %, 1,5

% y 2 % y en mezclas convencionales, se analiza la estabilidad y el flujo de las mezclas asfálticas. Los resultados del ensayo de Marshall presentan el 4.6% de óptimo contenido de asfalto, el porcentaje de desgaste por abrasión obtenido es del 29.16 %, cumpliendo con ser menor al 40% según las especificaciones de la normativa INEN 860, la densidad específica varió del 2.226 gr/cm<sup>3</sup> a 2.263 gr/cm<sup>3</sup> al adicionar fibra de acero, la estabilidad es de 1591.14 lb a 1980.16 lb, respecto a la fluencia se obtuvo de 13(1/100”) a 18(1/100”). El análisis de todas las propiedades reveló que la mezcla contenía 4,8 % de cemento asfáltico y 1 % de fibra de acero. Como se trataba de una mezcla asfáltica abierta, se debía emplear 85 % de agregado grueso y 15 % de agregado fino, y no se debía usar más del 1 % de fibra de acero porque después del 1 % la estabilidad disminuye y la fluencia aumenta.

Según (Jiménez Loría, 2019) en la tesis titulada: “Análisis del desempeño de una mezcla asfáltica con fibra de bambú asfalto modificado con grano de caucho reciclado”, realizado para obtener el título de ingeniero civil, tiene como objetivo principal el análisis del desempeño mecánico de una mezcla asfáltica modificada con fibras de bambú y la evaluación de los resultados según las especificaciones nacionales e internacionales. La técnica utilizada propone caracterizar los agregados pétreos, el ligante asfáltico y la fibra de bambú. Además, se llevarán a cabo ensayos utilizando el método de Marshall para evaluar el desempeño mecánico de la mezcla **asfáltica**. Los resultados obtenidos indicaron un óptimo contenido de asfalto de 5.84%, pero con este valor no todos los parámetros volumétricos cumplen por lo que también se realiza un análisis del desempeño mecánico de la mezcla modificada con fibra. La prueba de resistencia a la tensión diametral dio 977 kPa de tensión en condición seca y de 865 kPa en condición húmeda. Respecto a la prueba de resistencia a la fatiga se obtuvieron 222761 ciclos siendo superior a la establecida en las normativas que es de 200000 ciclos. La prueba de Hamburgo dio como resultado 8000 ciclos a 60°C y que la mezcla se deformó 4.58 mm, no se alcanzó en el punto de inflexión, ya que no se llegaron a los 20000 ciclos. En conclusión, la mezcla con fibra cumple las especificaciones para la resistencia al agrietamiento por fatiga, en la prueba de rueda de Hamburgo cumple con los requerimientos de las normativas. Mientras que una muestra convencional, no cumple con las especificaciones respecto a

resistencia retenida a la tensión diametral y es débil ante agrietamiento por fatiga. La fibra de bambú empleada como agregado mejora la resistencia a la fatiga y el daño inducido por humedad,

## 2.2. BASES TEÓRICAS

### 2.2.1. Presión atmosférica

El peso del aire que te rodea presiona contra todo lo que toca. La presión atmosférica, o presión del aire, es el nombre de esa presión. Es la fuerza que ejerce el aire sobre una superficie cuando la gravedad la atrae hacia la Tierra. Un barómetro es un instrumento utilizado para medir la presión atmosférica. Los meteorólogos describen la presión atmosférica en función de la altura del mercurio. En un barómetro, la columna de mercurio en un tubo de cristal sube o baja según el peso de la atmósfera. La figura 1 muestra cómo se dan las altas y bajas presiones según el clima y la dirección del viento.

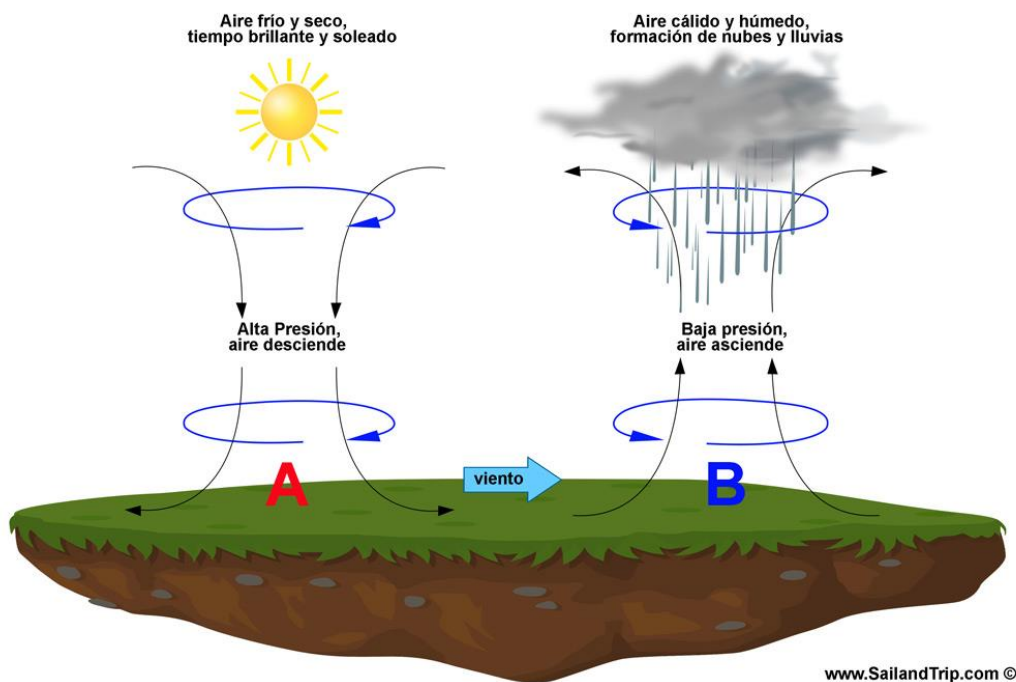


Figura 3. Presión atmosférica

Fuente: <https://sailandtrip.com/>

Una atmósfera (atm) es una unidad de medida que equivale a la presión media del aire a nivel del mar a una temperatura de 15 grados Celsius (59 grados

Fahrenheit). Una atmósfera equivale a 1.013 milibares, o a 760 milímetros (29,92 pulgadas) de mercurio.

A medida que aumenta la altitud, la presión atmosférica disminuye, lo que significa que la cantidad de oxígeno disponible para respirar también disminuye. A grandes alturas, la presión atmosférica y el oxígeno disponible disminuyen tanto que las personas pueden enfermar e incluso morir. La presión atmosférica también se usa como un indicador del tiempo. Suele haber nubosidad, viento y precipitaciones cuando un sistema de baja presión se desplaza a una región. Los sistemas de alta presión suelen ser tranquilos. (Huo, Wang, Chen, & He, 2019)

En Junín la presión atmosférica abarca desde los 1012 hPa (hecto pascales) hasta los 1019 hPa, y en Huancayo tiende a ser de 1019 hPa entre los meses de noviembre a diciembre.

#### **2.2.1.1. Equipo de medición de la presión atmosférica**

Un barómetro, también conocido como presión barométrica, es un instrumento científico utilizado para medir la presión atmosférica. Las capas de aire que rodean la Tierra se conocen como atmósfera. Cuando la gravedad atrae ese aire hacia la Tierra, tiene un peso y presiona contra todo lo que toca. Esta presión se mide utilizando barómetros. Los siguientes son los tipos de barómetros más utilizados:

##### **Barómetro simple tipo reloj**

Otro tipo de barómetro aneroide es el barómetro simple tipo reloj, que se muestra en la Figura 2. Funciona de la misma manera que el barógrafo, excepto que usa un puntero que se mueve de izquierda a derecha en un movimiento semicircular sobre un dial para indicar las presiones bajas y altas.





Figura 4. Barómetro simple tipo reloj

Fuente: <https://sailandtrip.com/>

### **Barómetro de mercurio**

Un barómetro de mercurio se compone de un tubo de cristal largo lleno de mercurio que se coloca boca abajo en una cisterna. El mercurio crea un vacío en la parte superior del tubo cuando sale del tubo y entra en la cisterna. El vacío, naturalmente, ejerce muy poca o ninguna presión en su entorno. La columna de mercurio se eleva debido a la presión del aire. La misma cantidad de presión sobre el mercurio dentro del tubo de vidrio empuja el mercurio hacia arriba a medida que la presión del aire lo empuja hacia abajo en la cisterna. La altura del mercurio dentro del tubo muestra la presión total ejercida por el medio ambiente.

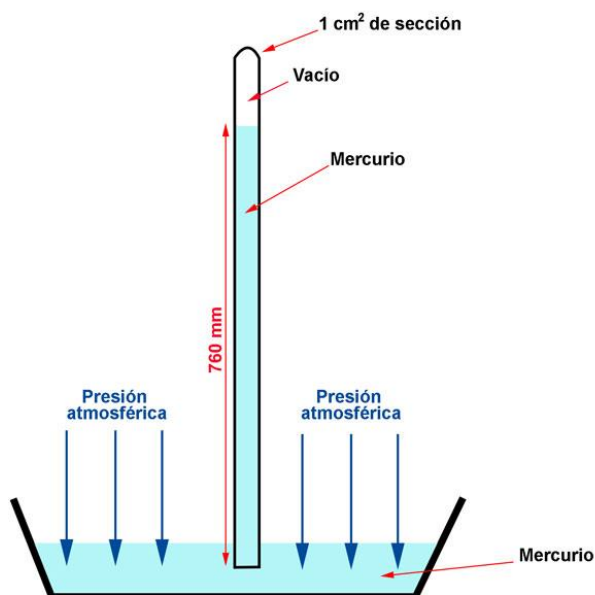


Figura 5. Barómetro de mercurio

Fuente: <https://sailandtrip.com/>

### 2.2.1.2. Altitud de departamentos del Perú

Los departamentos del país están ubicados verticalmente desde los 0 m.s.n.m. hasta los 4338 m.s.n.m., que corresponde al Cerro de Pasco. La altitud de la capital de cada departamento se muestra en la Tabla 1.

Tabla 2. Centros poblados por rango altitudinal en Perú

Departamento / Provincia	Capital de Provincia	Altitud	(metros sobre nivel del mar)
Amazona	Chachapoyas	2335	msnm
Ancash	Huaraz	3052	msnm
Apurímac	Abancay	2378	msnm
Arequipa	Arequipa	2335	msnm
Ayacucho	Ayacucho	2746	msnm
Cajamarca	Cajamarca	2720	msnm
Callao	Callao	7	msnm
Cusco	Cusco	3399	msnm
Huancavelica	Huancavelica	3660	msnm
Huánuco	Huánuco	1880	msnm
Ica	Ica	406	msnm
Junín	Huancayo	3259	msnm
La Libertad	Trujillo	34	msnm
Lambayeque	Chiclayo	29	msnm
Lima	Lima	287	msnm
Loreto	Iquitos	220	msnm

<b>Madre de Dios</b>	Puerto Maldonado	186	msnm
<b>Moquegua</b>	Moquegua	1410	msnm
<b>Pasco</b>	Cerro de Pasco	4330	msnm
<b>Piura</b>	Piura	29	msnm
<b>Puno</b>	Puno	3827	msnm
<b>San Martín</b>	Moyobamba	860	msnm
<b>Tacna</b>	Tacna	562	msnm
<b>Tumbes</b>	Tumbes	7	msnm
<b>Ucayali</b>	Pucallpa	154	msnm

Fuente: Anuario de estadísticas ambientales (2013)

### 2.2.1.3. Efectos de las condiciones climáticas en los pavimentos

Se ha creído tradicionalmente que la carga de tráfico pesado es el principal factor que impide que los pavimentos alcancen sus requisitos de rendimiento límite, como la fatiga y la deformación permanente. Como resultado, los diseños de pavimentos han incorporado principalmente la carga de tráfico. Sin embargo, un examen exhaustivo de los pavimentos ha demostrado que, en realidad, la carga de tráfico por sí sola puede no generar las circunstancias que conducen a la falla abrupta de los pavimentos. Los factores climáticos, particularmente las variaciones de temperatura y humedad del suelo del pavimento, son un aspecto que con frecuencia no se considera directamente en el diseño del pavimento.

La presencia de condiciones climáticas es cada vez más común, por lo que es imperativo obtener una comprensión más profunda de sus efectos en el comportamiento de los pavimentos.

En una capa de base de un pavimento cementado, se observaron variaciones de deformación cíclicas, y las deformaciones por fatiga aumentaron con la humedad y disminuyeron con la temperatura. Los hallazgos muestran que la tensión crítica de fatiga aumenta por encima del límite de resistencia a la fatiga a medida que aumenta la humedad y disminuye la temperatura. Esto ocurre cuando la humedad está en o por encima del nivel óptimo de humedad y la temperatura de la capa superficial está entre 38 y 31 grados Celsius. Los datos mostraron que las tensiones en el pavimento eran causadas por el cambio en la presión de los poros causado por las variaciones de humedad y temperatura en el suelo granular de la capa base. Aunque la combinación de

la humedad del suelo, la temperatura y la carga de tráfico pesado causó grandes deformaciones por fatiga en el pavimento, el volumen de tráfico pesado tuvo un efecto menor en la deformación de la capa de base.

#### **2.2.1.4. Rendimiento del concreto asfáltico a alturas elevadas**

En Perú, las carreteras con elevaciones superiores a los 3.700 metros sobre el nivel del mar (msnm) suelen experimentar agrietamiento térmico. En altitudes comprendidas entre 3.700 y 4.300 metros sobre el nivel del mar, los pavimentos de asfalto suelen experimentar agrietamiento térmico. Sin embargo, en altitudes más elevadas, este problema es más grave debido a los efectos combinados de la intensa radiación solar, el ciclo diario de temperatura y las cantidades relativamente altas de precipitación. La carretera La Oroya-Cerro de Pasco fue construida con un espesor de concreto asfáltico de 8 a 12 cm para soportar aproximadamente 1,000 camiones por día. Entre 5 y 8 meses después de la construcción, aparecieron graves fisuras longitudinales cuando la mezcla asfáltica se construyó y diseñó de acuerdo con las prácticas y especificaciones estándar. Se examinaron las siguientes propiedades mecánicas del material y procedimientos de construcción para reducir este agrietamiento térmico: a) las propiedades mecánicas de la capa superior y del cemento asfáltico; b) las propiedades mecánicas de los áridos, especialmente de los materiales de relleno y finos; c) la temperatura ideal de calentamiento de los áridos asfálticos antes de la mezcla; y d) la temperatura mínima del aire a la que el concreto asfáltico. Las conclusiones preliminares de la modificación de las especificaciones para mejorar el rendimiento del asfalto a gran altura han sido adoptadas por las autoridades viales peruanas.

#### **2.2.2. Pavimentos de concreto asfáltico**

El pavimento de las carreteras está formado por varias capas, que incluyen la subrasante, la subbase, la base y la capa superficial. Los paneles de cemento asfáltico también se denominan paneles flexibles porque son mucho más flexibles que los paneles de cemento portland. El árido y el ligante asfáltico son

los componentes principales del concreto asfáltico. El 95% de una mezcla de asfalto en caliente (MAC) en peso está compuesto por árido, mientras que el 5% restante está compuesto por ligante asfáltico. Una mezcla de HMA típica tiene un 85% de áridos, un 10% de ligante asfáltico y un 5% de huecos de aire en volumen. Sin el ligante asfáltico, MAC sería solo piedra o grava triturada. Muchas mezclas de MAC tienen algunos aditivos para mejorar su rendimiento o trabajabilidad.

#### **2.2.2.1. Diseño de mezclas y sus propiedades volumétricas**

Desde principios del siglo XX, se ha estudiado el diseño de las mezclas asfálticas. Hubo un deseo inicial de comprender cómo interactúan los áridos, el ligante asfáltico y los vacíos creados durante la compactación. Antes de la creación de un enfoque formal para el diseño de mezclas, se utilizaba una evaluación de gradación para determinar el contenido del ligante asfáltico. Según Goetz (1989), el ligante asfáltico debe tener un espesor mínimo para garantizar una durabilidad satisfactoria.

Durante el desarrollo del método de diseño de mezclas Hubbard-Field en la década de 1920, se descubrió que el contenido de vacíos de aire influía significativamente en el rendimiento de las mezclas en el campo. El método de diseño de mezclas Hubbard-Field se basa en una cantidad mínima de espesor de ligante asfáltico y en el porcentaje de vacío de aire. Se especificaron dos propiedades volumétricas: vacíos en la masa de áridos y vacíos en la mezcla total.

Los diseños de mezclas siguen una "ley de gradación", que regula las propiedades de una mezcla asfáltica y establece que la demanda de ligante asfáltico está relacionada con la gradación.

El método Hubbard-Field se transformó en el método Marshall de diseño de mezclas. Las muestras de mezcla asfáltica se compactaron utilizando el método Hubbard-Field con un martillo Proctor, el mismo que se usa en los suelos. El método Marshall requiere que el diámetro de la cara del martillo se aumente para que coincida con el diámetro del ensayo. La prueba de estabilidad Marshall sustituyó a la prueba de estabilidad Hubbard-Field, que era una prueba de tipo extrusión.

Los vacíos de aire, los vacíos en el agregado mineral (VMA) y los vacíos llenos de asfalto (VLLA) son propiedades empíricas que regulan el comportamiento de la mezcla. Las propiedades volumétricas controlan el método de Superpave.

La mezcla asfáltica es simplemente una combinación de ligante asfáltico y áridos. Al diseñar una mezcla asfáltica, se busca maximizar sus características en términos de estabilidad, durabilidad, flexibilidad, resistencia a la fatiga, resistencia al deslizamiento, permeabilidad y trabajabilidad. Esto se logra con frecuencia evaluando las propiedades volumétricas ( $V_a$ , VMA y VLLA), que son cruciales para las propiedades de ingeniería de la mezcla.

- Los vacíos de aire son los pequeños espacios de aire entre las partículas de áridos recubiertos de ligante en una mezcla asfáltica.
- El vacío en el agregado mineral (VMA) se define como el espacio vacío intergranular entre las partículas de áridos en una mezcla asfáltica compactada, incluyendo los vacíos de aire y el volumen de ligante asfáltico efectivo ( $V_{be}$ ).
- El vacío lleno de asfalto (VLLA) es el porcentaje del vacío en el agregado mineral que está lleno de ligante asfáltico.

Históricamente, las técnicas de diseño de mezclas asfálticas se basaban en propiedades de diseño empíricas establecidas en función del rendimiento observado en el campo. Como resultado, se descubrieron por primera vez las propiedades volumétricas asociadas con el rendimiento. En la mayoría de los casos, cuando las propiedades volumétricas son adecuadas, el rendimiento de la mezcla asfáltica será adecuado. Sin embargo, las propiedades volumétricas no garantizan el rendimiento de la mezcla, por lo que se requiere una prueba de rendimiento simple.

#### **2.2.2.2. Método de diseño de la mezcla Marshall**

El diseño de la mezcla Marshall incluye la elección de un nivel de compactación y una gradación de áridos. El ligante asfáltico se mezcla con diferentes porcentajes de árido y luego se compacta con un martillo de caída. Los vacíos de aire en las muestras compactadas se miden y se comparan con

los valores de las especificaciones. Con un requisito de VMA que se basa en el tamaño máximo nominal de la mezcla de áridos, generalmente se desea un 3-5% de vacíos de aire. Es necesario considerar una gradación diferente de los áridos o incluso el uso de nuevos materiales de áridos si los vacíos de aire especificados no se pueden lograr simplemente cambiando el contenido de asfalto. Cuando la gradación y la volumetría están dentro de un rango determinado, se elige un diseño.

La densidad de las muestras en el molde durante la compactación de diseño Marshall debe coincidir con la densidad final que se obtendrá después de que la mezcla haya estado en servicio durante un período de tiempo. Los vacíos de aire del molde Marshall normalmente eran del 3 al 5%, mientras que se esperaba que la mezcla se compactara al 8 al 10% de vacíos de aire de la carretera. Algunos creen que después de ser sometido a tráfico, durante dos o cuatro años, mientras que otros creen que al final de la vida útil (15-20 años), la densidad aumentaría, dejando solo del 3 al 5% de vacíos de aire en el pavimento.

Los primeros estudios que investigaron el método de diseño Marshall intentaron establecer una correlación entre la densidad de las secciones de prueba de campo y la cantidad de golpes que recibía un martillo Marshall. Como resultado, el nivel de compactación de diseño está relacionado con la cantidad de tráfico previsto. Se propuso utilizar tres niveles diferentes de compactación en cada lado de una muestra: 35, 50 y 75 golpes para el tráfico ligero, medio y pesado, respectivamente (McFadden, 1984).

## 2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- Presión atmosférica

Es la fuerza que ejerce sobre una superficie el aire que se encuentra sobre ella cuando la gravedad la atrae hacia la Tierra.

- Altitud

La altitud, al igual que la elevación, es la distancia sobre el nivel del mar. Las zonas suelen considerarse de "gran altitud" si alcanzan al menos 2.400 metros en la atmósfera.

- Máxima Densidad Rice

Es el peso específico máximo de una mezcla asfáltica sin vacíos con aire (no compactada). Este valor se obtiene utilizando el método de James Rice para determinar el porcentaje de asfalto absorbido por los agregados y el volumen real de vacíos con aire que tendrá cuando se encuentre compactada.

- Propiedades volumétricas

Las propiedades volumétricas de la mezcla, es decir, los vacíos de aire, los vacíos en el agregado mineral (VMA) y los vacíos llenos de asfalto (VLLA), son propiedades empíricas que controlan el comportamiento de la mezcla.

- Vacíos

Los pequeños espacios o bolsas de aire que se forman entre las partículas de áridos revestidos en la mezcla final compactada se conocen como vacíos de aire. Todas las mezclas de asfalto de grado denso requieren cierta cantidad de vacíos de aire para permitir una compactación adicional del pavimento bajo el tráfico.

- Vacíos en el agregado mineral

Los VMA son los espacios vacíos de aire que existen entre las partículas de áridos en una mezcla de pavimentación compactada, incluidos los espacios rellenos de asfalto. El VMA representa el espacio disponible para alojar el asfalto y el volumen



de vacíos de aire necesarios en la mezcla. Cuanto más VMA haya en el árido seco cuanto, más espacio estará disponible para la película de asfalto.

- Vacíos llenos de asfalto

El VLLA es el porcentaje de huecos en la masa de áridos compactada que se rellena con cemento asfáltico. Es sinónimo de la relación asfalto-vacío. La propiedad VLLA es importante no sólo como medida de la durabilidad relativa, sino también porque existe una excelente correlación entre ella y el porcentaje de densidad.

## **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

### **3.1. MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN**

El autor (Hernández Sampieri, 2014) describe la metodología como el marco que se asocia a un conjunto particular de supuestos paradigmáticos que utilizaremos para llevar a cabo nuestra investigación, y plantea que a la hora de realizar una investigación, la metodología debe cumplir dos criterios; en primer lugar, la metodología debe ser la más adecuada para alcanzar los objetivos de la investigación y en segundo lugar, debe ser posible replicar la metodología utilizada en otras investigaciones de la misma naturaleza.

En este estudio se optó por emplear una investigación según la metodología científica, ya que se analizará el efecto de la densidad teórica máxima a diferentes altitudes y diferentes presiones atmosféricas en los parámetros volumétricos de vacíos, máxima densidad, estabilidad, flujo y peso específico de las mezclas asfálticas.

### **3.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El autor (Mejia Mejia, 2005) describe la investigación aplicada como la indagación mediante la aplicación de la metodología científica con el fin de generar observaciones empíricas para resolver problemas críticos de la sociedad. Puede ejecutarse a través de una diversa gama de estrategias de investigación que pueden ser únicamente cuantitativas, únicamente cualitativas, o un diseño de investigación de método mixto que combina cortes de datos cuantitativos y cualitativos en el mismo proyecto.

En este estudio se optó por emplear una investigación de tipo aplicada, ya que, según lo especificado en el objetivo de la investigación, se quiere analizar el efecto de la densidad teórica máxima a distintas presiones atmosféricas en los parámetros volumétricos de la mezcla asfáltica, y en el proceso se determinará el comportamiento de cada variable.

### **3.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

El autor (Carrasco Díaz, 2005) plantea que la investigación correlacional se utiliza para mostrar la relación entre dos variables. Sin embargo, a diferencia de los estudios experimentales, los estudios correlacionales sólo pueden mostrar que dos variables están relacionadas; no pueden determinar la causalidad (qué variable provoca un cambio en la otra). Un estudio correlacional sólo sirve para describir o predecir el comportamiento, no para explicarlo.

En este estudio, se optó por emplear la investigación de nivel correlacional, ya que se quiere determinar el nivel de relación entre el decaimiento de la presión atmosférica en la densidad teórica máxima de una mezcla asfáltica, con sus parámetros volumétricos.

### **3.4. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

El autor (Baena Paz, 2014) menciona que el diseño de investigación cuasiexperimental significa simplemente que es casi similar a un experimento verdadero. Al igual que un experimento verdadero, un diseño cuasi experimental pretende establecer una relación causa-efecto entre una variable independiente y otra dependiente. Sin embargo, a diferencia de un experimento verdadero, un cuasiexperimento no se basa en la asignación aleatoria. En su lugar, los sujetos se asignan a los grupos basándose en criterios no aleatorios.

En este estudio se empleará el diseño cuasiexperimental, debido a que será necesario realizar ensayos de laboratorio para identificar la relación entre las variables, el decaimiento de la presión atmosférica en la densidad teórica máxima de una mezcla asfáltica, con sus parámetros volumétricos. y se evaluará el comportamiento de estas para verificar las hipótesis planteadas.

### **3.5. POBLACIÓN Y MUESTRA**

#### **3.5.1. Población**

El autor (Ramírez González, 2003) explica que la población de una investigación es el grupo de individuos que comparten características comunes y se analizan mediante la estadística para obtener datos de interés, es el conjunto general o

total de elementos, individuos o medidas que comparten rasgos comunes dentro de un contexto determinado.

La población son todas las presiones atmosféricas de las localidades que se encuentran la selva alta donde se medirá la máxima densidad teórica con el equipo de Rice.

### **3.5.2. Muestra**

El autor (Gomez Bastar, 2012) explica que una muestra es un subconjunto o segmento finito e importante que se extrae de una población. La selección de una muestra es esencial dentro de cualquier proceso de investigación de amplio espectro, y esto se debe a que el estudio de grandes grupos de personas requiere una gran cantidad de dinero, tiempo y esfuerzo. Las muestras suelen ser suficientes para hacerse una idea de toda la población, y su estudio puede arrojar datos representativos de la población general cuando se eligen con rigor.

Las dos presiones atmosféricas de los distritos de Chanchamayo y Villa Rica en el departamento de Junín se presentan como muestra.

### **3.5.3. Muestreo**

El autor (Monje Álvarez, 2011) Se supone que el muestreo de corte transversal no probabilístico intensional es una técnica de muestreo en la que el investigador selecciona las muestras basándose en su juicio subjetivo en lugar de una selección aleatoria. Es una técnica menos rigurosa que depende en gran medida de la experiencia de los investigadores. Se lleva a cabo a través de la observación y se utiliza ampliamente por los investigadores en investigación cualitativa. Por esta razón, se utilizará un muestreo de corte transversal no probabilístico.

## **3.6. INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN**

Para la investigación, los instrumentos de investigación serán las fichas de recolección de datos, que son una forma de registrar el método utilizado para recopilar los datos necesarios para llevar a cabo la investigación. Los datos deben registrarse en un formulario de recogida de datos estándar y por personal preparado con instrumentos calibrados.

### **3.7. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS**

El uso de los sentidos para recopilar información se conoce como observación directa. Las actividades, el comportamiento y los aspectos físicos de una situación se pueden documentar mediante la observación, sin depender de la voluntad o la capacidad de las personas para responder con precisión a las preguntas. Por lo tanto, esta técnica se utilizará en los ensayos y al evaluar los resultados de la investigación.

### **3.8. TRATAMIENTO ESTADÍSTICO**

El tratamiento estadístico es necesario para validar los datos de los ensayos y medir las hipótesis planteadas mediante la obtención de correlaciones bivariadas con el programa de análisis estadístico SPSS.

## CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES

Para determinar el efecto de la presión atmosférica de la selva Alta en la densidad teórica máxima de mezclas asfálticas se planteó la elaboración de mezclas asfálticas en caliente empleando agregados de dos diferentes canteras de Junín, para tres diferentes gradaciones MAC-1, MAC-2 y MAC-3.

El material granular de cada cantera deberá ser estudiado para asegurarse que cumpla con la norma de ensayo de materiales. Cabe mencionar que el material granular de cada cantera deberá trabajar correctamente en la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente.

Para las mezclas asfálticas en caliente del estudio se optó por el empleo de agregados de dos diferentes canteras, ya que cada gradación presenta husos granulométricos diferentes en los que se requieren diferentes tamaños máximos nominales para su empleo. Por lo que se obtendrán agregados gruesos y finos representativos de la región, eligiendo la cantera de Pilcomayo y la cantera La Huaycha.

Es así como en el siguiente ítem se presentan los resultados de granulometría de los agregados de cada cantera, además de la caracterización del filler y del cemento asfáltico a emplear en la elaboración de las mezclas asfálticas en caliente para el estudio.

#### 4.1.1. Descripción del material granular

Para la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente con la gradación MAC-1 se especifica el empleo de piedra chancada de  $\frac{3}{4}$ " , piedra chancada de  $\frac{1}{2}$ " , arena natural y arena chancada, las cuáles se consiguieron de la cantera de Pilcomayo, ya que esta cantera cumple con tener agregados de tamaño máximo nominal de  $\frac{3}{4}$ " necesarios para cumplir con el huso granulométrico MAC-1. Para la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente con la gradación MAC-2 se especifica el empleo de piedra chancada de  $\frac{1}{2}$ " , arena natural y arena chancada, las cuáles se consiguieron de la cantera La Huaycha, ya que esta cantera cumple con tener agregados de tamaño máximo nominal de  $\frac{1}{2}$ " necesarios para cumplir

con el huso granulométrico MAC-2. Y para la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente con la gradación MAC-3 se emplearán los agregados finos de ambas canteras, ya que se requiere de agregados de tamaño máximo nominal N°4. En la tabla 3 se presenta la fuente de los agregados de la cantera de Pilcomayo.

Tabla 3. Fuente de agregados

Cantera	Agregados	Fuente
Pilcomayo	Arena natural	Río Mantaro - C. Pilcomayo
	Arena procesada	Planta chancadora - C. Pilcomayo
	Piedra chancada de ½”	Planta chancadora - C. Pilcomayo
La Huaycha	Arena natural	Río Mantaro - C. La Huaycha
	Arena procesada	Planta chancadora - C. La Huaycha
	Piedra chancada de ½”	Planta chancadora - C. La Huaycha

Fuente: Elaboración propia

En la figura 6, se presenta la ubicación de la cantera de Pilcomayo y en la figura 7 la ubicación de la cantera La Huaycha, ambas ubicadas en la región Junín, observándose en ambos casos el río Mantaro del cual se extraen los agregados naturales que se emplearán en cada diseño de mezcla asfáltica en caliente.

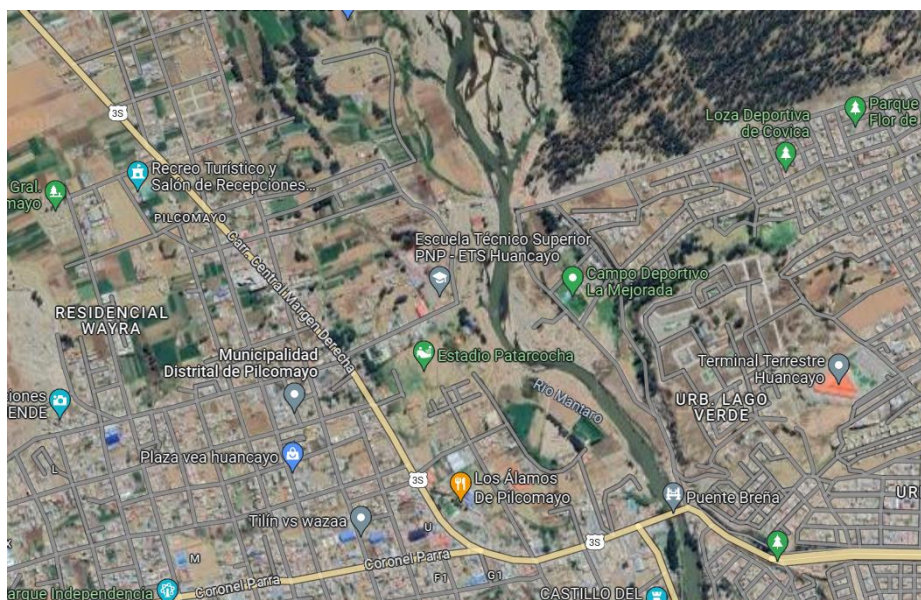


Figura 6. Cantera de material granular – Cantera de Pilcomayo

Fuente: Google Earth (2023)

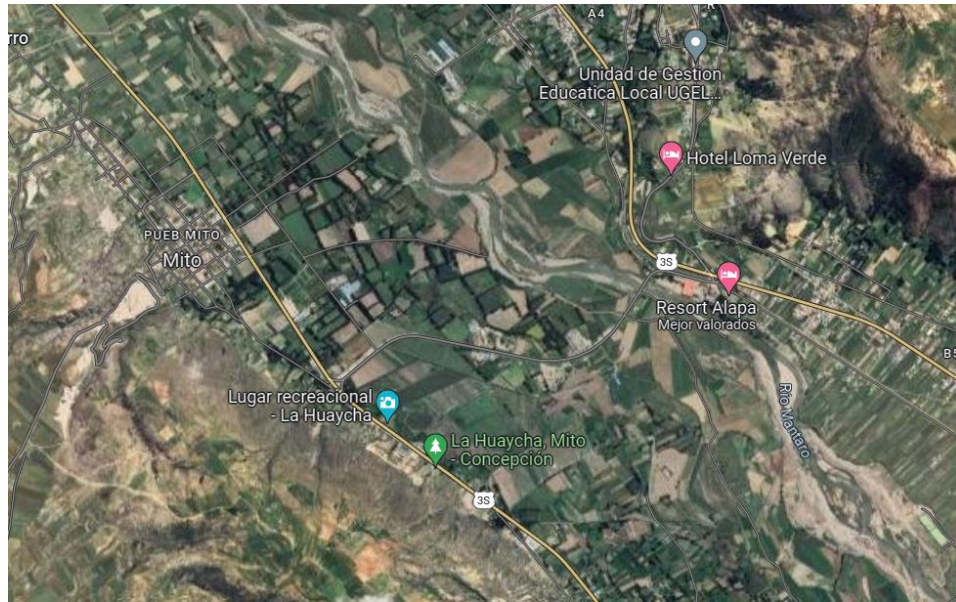


Figura 7. Cantera de material granular – Cantera La Huaycha

Fuente: Google Earth (2023)

En los siguientes ítems, se presentan los resultados del análisis granulométrico de los agregados representativos obtenidos de las canteras mencionadas anteriormente, estos resultados serán necesarios para el planteamiento de la combinación teórica de agregados al emplear la gradación MAC-1, MAC-2 y MAC-3.

#### 4.1.1.1. Análisis granulométrico

Siguiendo la norma MTC E 204 del manual de ensayo de materiales para agregados se obtuvieron los resultados del análisis granulométrico de los materiales granulares a emplear en los diseños planteados para el desarrollo de la investigación.

##### A. Cantera de Pilcomayo:

- Piedra chancada de ¾”

En la tabla 4 se presentan los resultados del análisis granulométrico de la muestra de 3000 gramos de piedra chancada de ¾” de la cantera de Pilcomayo, en la cual se observa una baja presencia de finos.

Tabla 4. Resultados de granulometría piedra chancada ¾” – Cantera de Pilcomayo

<b>Diseño:</b>	MAC-1
<b>Material:</b>	Piedra chancada ¾”
<b>Cantera:</b>	Pilcomayo
<b>Peso de muestra:</b>	3000 gr



Malla		Peso	Ret. Parcial	Ret. Acumulado	Pasante
Tamiz	mm	(gr)	(%)	(%)	(%)
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	1007.10	33.57	33.57	66.43
1/2"	12.700	920.40	30.68	64.25	35.75
3/8"	9.525	765.90	25.53	89.78	10.22
No4	4.763	241.20	8.04	97.82	2.18
No8	2.381	58.50	1.95	99.77	0.23
No10	1.905	6.90	0.23	100.00	0.00
No16	1.191	0.00	0.00	100.00	0.00
No30	0.595	0.00	0.00	100.00	0.00
No40	0.423	0.00	0.00	100.00	0.00
No50	0.298	0.00	0.00	100.00	0.00
No80	0.179	0.00	0.00	100.00	0.00
No100	0.149	0.00	0.00	100.00	0.00
No200	0.074	0.00	0.00	100.00	0.00
<N°200		0.00	0.00	100.00	0.00
SUMATORIA TOTAL		3000.00	gr		

Fuente: Elaboración propia

La gráfica de la curva granulométrica resultante del porcentaje pasante por cada tamiz utilizado de la muestra de 3000 gramos de piedra chancada de 3/4" de la cantera de Pilcomayo, se presenta a continuación en la figura 8, en la que se evidencia que el mayor porcentaje pasante es en la malla 3/4" y la baja presencia de agregado a partir de la malla N°4.

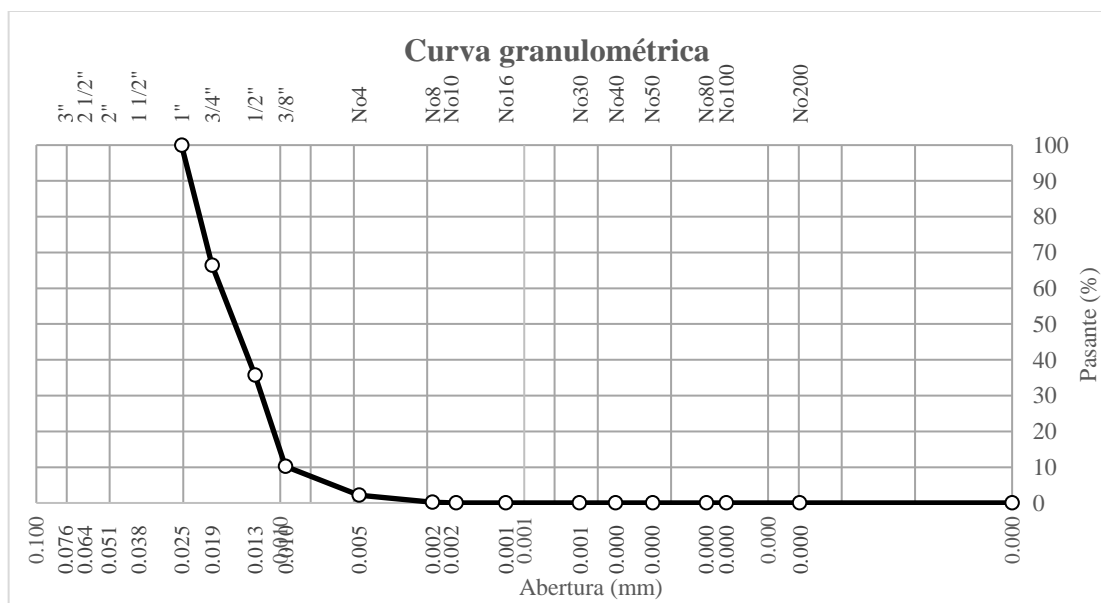


Figura 8. Curva granulométrica piedra chancada de 3/4" – Cantera de Pilcomayo

Fuente: Elaboración propia

- Piedra chancada de ½”

En la tabla 5 se presentan los resultados del análisis granulométrico de la muestra de 3000 gramos de piedra chancada de ½” de la cantera de Pilcomayo, en la cual se observa una baja presencia de finos.

Tabla 5. Resultados de granulometría piedra chancada ¾” – Cantera de Pilcomayo

<b>Diseño:</b>	MAC-1				
<b>Material:</b>	Piedra chancada ½”				
<b>Cantera:</b>	Pilcomayo				
<b>Peso de muestra:</b>	3000 gr				
Malla		Peso	Ret. Parcial	Ret. Acumulado	Pasante
Tamiz	mm	(gr)	(%)	(%)	(%)
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
¾"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
½"	12.700	598.50	19.95	19.95	80.05
⅜"	9.525	358.50	11.95	31.90	68.10
No4	4.763	1248.00	41.60	73.50	26.50
No8	2.381	398.70	13.29	86.79	13.21
No10	1.905	154.80	5.16	91.95	8.05
No16	1.191	174.00	5.80	97.75	2.25
No30	0.595	63.60	2.12	99.87	0.13
No40	0.423	3.90	0.13	100.00	0.00
No50	0.298	0.00	0.00	100.00	0.00
No80	0.179	0.00	0.00	100.00	0.00
No100	0.149	0.00	0.00	100.00	0.00
No200	0.074	0.00	0.00	100.00	0.00
<N°200		0.00	0.00	100.00	0.00
SUMATORIA TOTAL		3000.00	gr		

Fuente: Elaboración propia

La gráfica de la curva granulométrica resultante del porcentaje pasante por cada tamiz utilizado de la muestra de 3000 gramos de piedra chancada de ½” de la cantera de Pilcomayo, se presenta a continuación en la figura 9, en la que se evidencia que el mayor porcentaje pasante es en la malla ½” y la baja presencia de agregado a partir de la malla N°4.



<N°200	84.70	5.65	100.00	0.00
SUMATORIA TOTAL	1500.00	gr		

Fuente: Elaboración propia

La gráfica de la curva granulométrica resultante del porcentaje pasante por cada tamiz utilizado de la muestra de 1500 gramos de arena natural de la cantera de Pilcomayo se presenta a continuación en la figura 10, en la que se evidencia que el mayor porcentaje pasante es en la malla N°4 y la baja presencia de agregado a partir de la malla N°200.

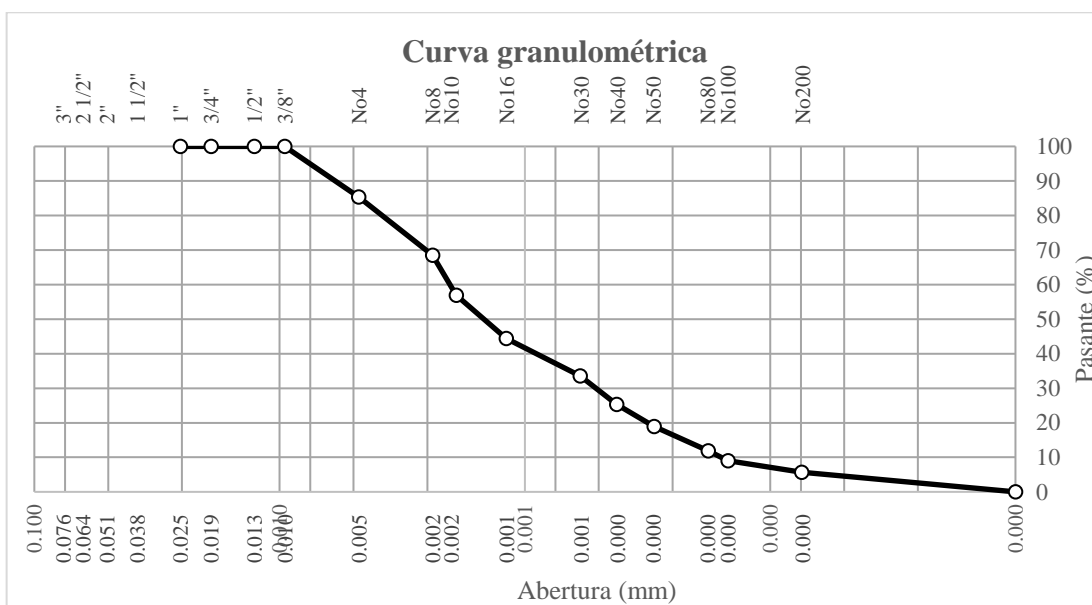


Figura 10. Curva granulométrica arena natural – Cantera de Pilcomayo

Fuente: Elaboración propia

○ Arena chancada

En la tabla 7 se presentan los resultados del análisis granulométrico de la muestra de 1500 gramos de arena chancada de la cantera de Pilcomayo, en la cual se observa una alta presencia de finos.

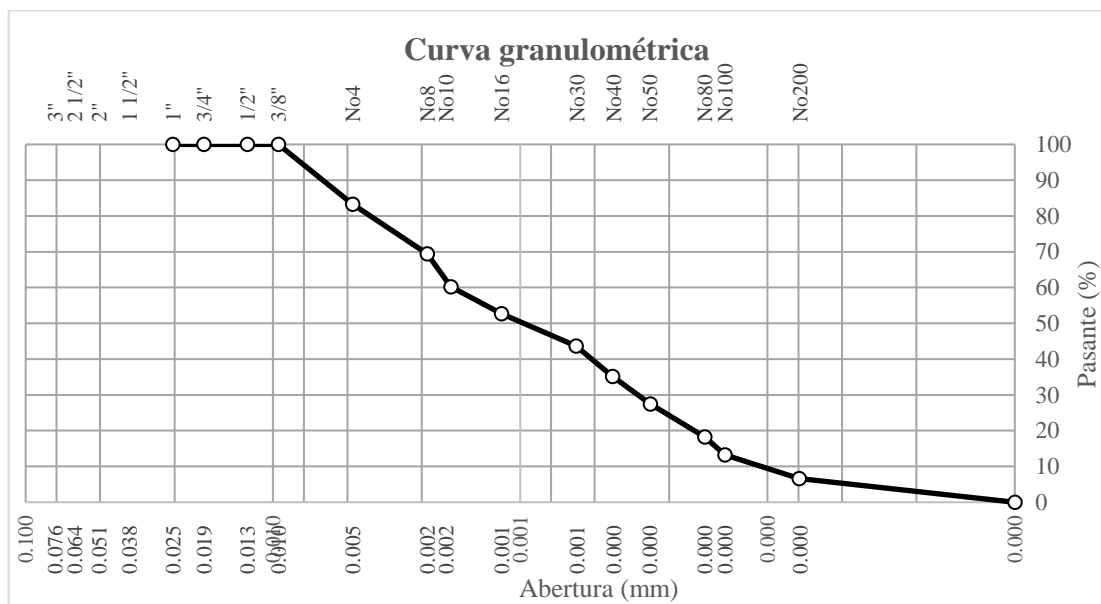
Tabla 7. Resultados de granulometría arena chancada – Cantera de Pilcomayo

<b>Diseño:</b>	MAC-1				
<b>Material:</b>	Arena chancada				
<b>Cantera:</b>	Pilcomayo				
<b>Peso de muestra:</b>	1500 gr				
<b>Malla</b>	<b>Peso</b>	<b>Ret. Parcial</b>	<b>Ret. Acumulado</b>	<b>Pasante</b>	
<b>Tamiz mm</b>	(gr)	(%)	(%)	(%)	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00

<b>1/2"</b>	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>3/8"</b>	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>No4</b>	4.763	251.10	16.74	16.74	83.26
<b>No8</b>	2.381	206.90	13.79	30.53	69.47
<b>No10</b>	1.905	139.40	9.29	39.83	60.17
<b>No16</b>	1.191	111.50	7.43	47.26	52.74
<b>No30</b>	0.595	136.70	9.11	56.37	43.63
<b>No40</b>	0.423	126.60	8.44	64.81	35.19
<b>No50</b>	0.298	115.50	7.70	72.51	27.49
<b>No80</b>	0.179	139.10	9.27	81.79	18.21
<b>No100</b>	0.149	74.70	4.98	86.77	13.23
<b>No200</b>	0.074	99.60	6.64	93.41	6.59
<b>&lt;N°200</b>		98.90	6.59	100.00	0.00
<b>SUMATORIA TOTAL</b>		1500.00	gr		

Fuente: Elaboración propia

La gráfica de la curva granulométrica resultante del porcentaje pasante por cada tamiz utilizado de la muestra de 1500 gramos de arena chancada de la cantera de Pilcomayo se presenta a continuación en la figura 11, en la que se evidencia que el mayor porcentaje pasante es en la malla N°4 y la baja presencia de agregado a partir de la malla N°200.



B. Cantera La Huaycha:

- Piedra chancada de ½”

En la tabla 8 se presentan los resultados del análisis granulométrico de la muestra de 3000 gramos de piedra chancada de ½” de la cantera de La Huaycha, en la cual se observa una baja presencia de finos.

Tabla 8. Resultados de granulometría piedra chancada ½” – Cantera de La Huaycha

<b>Diseño:</b>	MAC-2				
<b>Material:</b>	Piedra chancada ½”				
<b>Cantera:</b>	La Huaycha				
<b>Peso de muestra:</b>	3000 gr				
<b>Malla</b>	<b>Peso</b>	<b>Ret. Parcial</b>	<b>Ret. Acumulado</b>	<b>Pasante</b>	
<b>Tamiz mm</b>	(gr)	(%)	(%)	(%)	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	698.10	23.27	23.27	76.73
3/8"	9.525	642.60	21.42	44.69	55.31
No4	4.763	708.90	23.63	68.32	31.68
No8	2.381	567.90	18.93	87.25	12.75
No10	1.905	181.20	6.04	93.29	6.71
No16	1.191	196.80	6.56	99.85	0.15
No30	0.595	4.50	0.15	100.00	0.00
No40	0.423	0.00	0.00	100.00	0.00
No50	0.298	0.00	0.00	100.00	0.00
No80	0.179	0.00	0.00	100.00	0.00
No100	0.149	0.00	0.00	100.00	0.00
No200	0.074	0.00	0.00	100.00	0.00
<N°200		0.00	0.00	100.00	0.00
SUMATORIA TOTAL	3000.00	gr			

Fuente: Elaboración propia

La gráfica de la curva granulométrica resultante del porcentaje pasante por cada tamiz utilizado de la muestra de 3000 gramos de piedra chancada de ½” de la cantera de La Huaycha, se presenta a continuación en la figura 12, en la que se evidencia que el mayor porcentaje pasante es en la malla ½” y la baja presencia de agregado a partir de la malla N°4.



<N°200	72.70	4.85	100.00	0.00
SUMATORIA TOTAL	1500.00	gr		

Fuente: Elaboración propia

La gráfica de la curva granulométrica resultante del porcentaje pasante por cada tamiz utilizado de la muestra de 1500 gramos de arena natural de la cantera de La Huaycha se presenta a continuación en la figura 13, en la que se evidencia que el mayor porcentaje pasante es en la malla N°4 y la baja presencia de agregado a partir de la malla N°200.

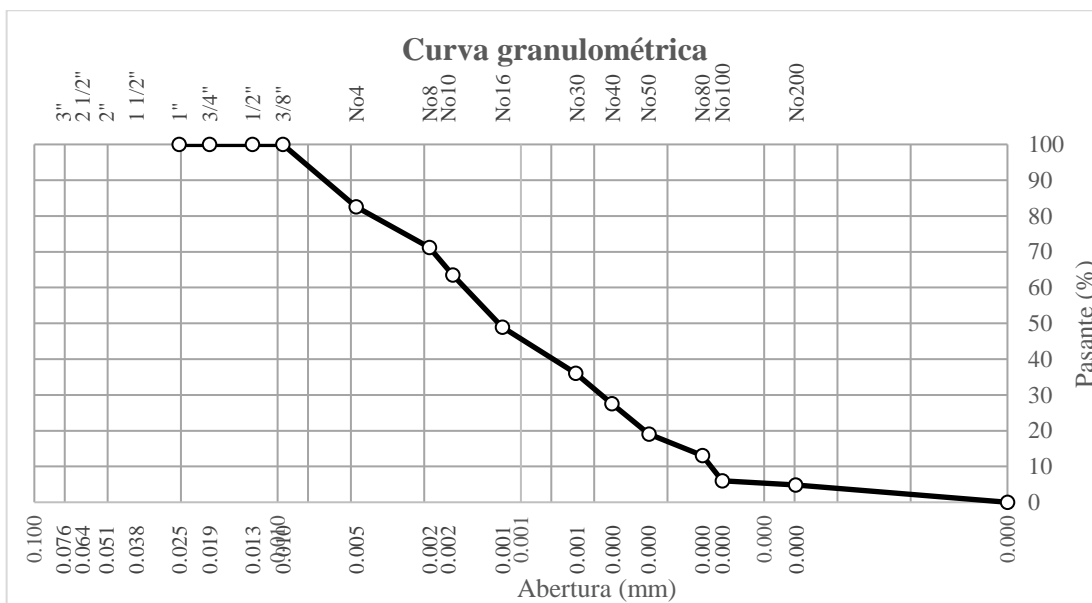


Figura 13. Curva granulométrica arena natural – Cantera de La Huaycha

Fuente: Elaboración propia

○ Arena chancada

En la tabla 10, se presentan los resultados del análisis granulométrico de la muestra de 500 gramos de arena chancada de la cantera de La Huaycha, en la cual se observa una alta presencia de finos.

Tabla 10. Resultados de granulometría arena chancada – Cantera de La Huaycha

<b>Diseño:</b>	MAC-2				
<b>Material:</b>	Arena chancada				
<b>Cantera:</b>	La Huaycha				
<b>Peso de muestra:</b>	1500 gr				
<b>Malla</b>	<b>Peso</b>	<b>Ret. Parcial</b>	<b>Ret. Acumulado</b>	<b>Pasante</b>	
<b>Tamiz mm</b>	(gr)	(%)	(%)	(%)	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00



<b>1/2"</b>	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>3/8"</b>	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
<b>No4</b>	4.763	283.50	18.90	18.90	81.10
<b>No8</b>	2.381	183.80	12.25	31.15	68.85
<b>No10</b>	1.905	112.80	7.52	38.67	61.33
<b>No16</b>	1.191	129.50	8.63	47.31	52.69
<b>No30</b>	0.595	204.00	13.60	60.91	39.09
<b>No40</b>	0.423	189.00	12.60	73.51	26.49
<b>No50</b>	0.298	92.10	6.14	79.65	20.35
<b>No80</b>	0.179	136.70	9.11	88.76	11.24
<b>No100</b>	0.149	41.80	2.79	91.55	8.45
<b>No200</b>	0.074	52.70	3.51	95.06	4.94
<b>&lt;N°200</b>		74.10	4.94	100.00	0.00
<b>SUMATORIA TOTAL</b>		1500.00	gr		

Fuente: Elaboración propia

La gráfica de la curva granulométrica resultante del porcentaje pasante por cada tamiz utilizado de la muestra de 1500 gramos de arena chancada de la cantera de La Huaycha se presenta a continuación en la figura 14, en la que se evidencia que el mayor porcentaje pasante es en la malla N°4 y la baja presencia de agregado a partir de la malla N°200.

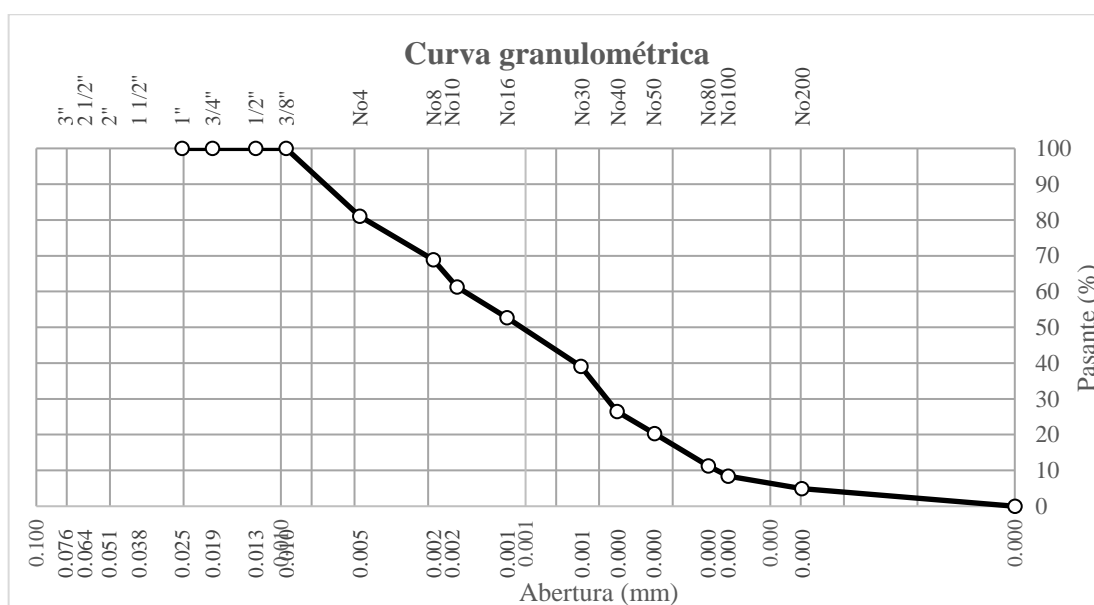


Figura 14. Curva granulométrica arena chancada – Cantera de La Huaycha

Fuente: Elaboración propia

### C. Cal hidratada

En la tabla 11, se presentan los resultados del análisis granulométrico de la muestra de 500 gramos de cal hidratada, en la cual se verifica la presencia uniforme de finos.

Tabla 11. Resultados de granulometría cal hidratada

<b>Diseño:</b>		MAC-1 / MAC-2 / MAC-3			
<b>Material:</b>		Cal hidratada			
<b>Cantera:</b>		---			
<b>Peso de muestra:</b>		500 gr			
Malla		Peso	Ret. Parcial	Ret. Acumulado	Pasante
Tamiz	mm	(gr)	(%)	(%)	(%)
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
No4	4.763	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
No8	2.381	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
No10	1.905	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
No16	1.191	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
No30	0.595	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
No40	0.423	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
No50	0.298	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
No80	0.179	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
No100	0.149	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
No200	0.074	0.00	0.00	0.00	<b>100.00</b>
<N°200		500.00	100.00	100.00	<b>0.00</b>
SUMATORIA TOTAL		500.00	gr		

Fuente: Elaboración propia

La gráfica de la curva granulométrica resultante del porcentaje pasante por cada tamiz utilizado de la muestra de 500 gramos de cal hidratada se presenta a continuación en la figura 15, en la que se evidencia que la uniformidad de la muestra hasta la malla N°200.

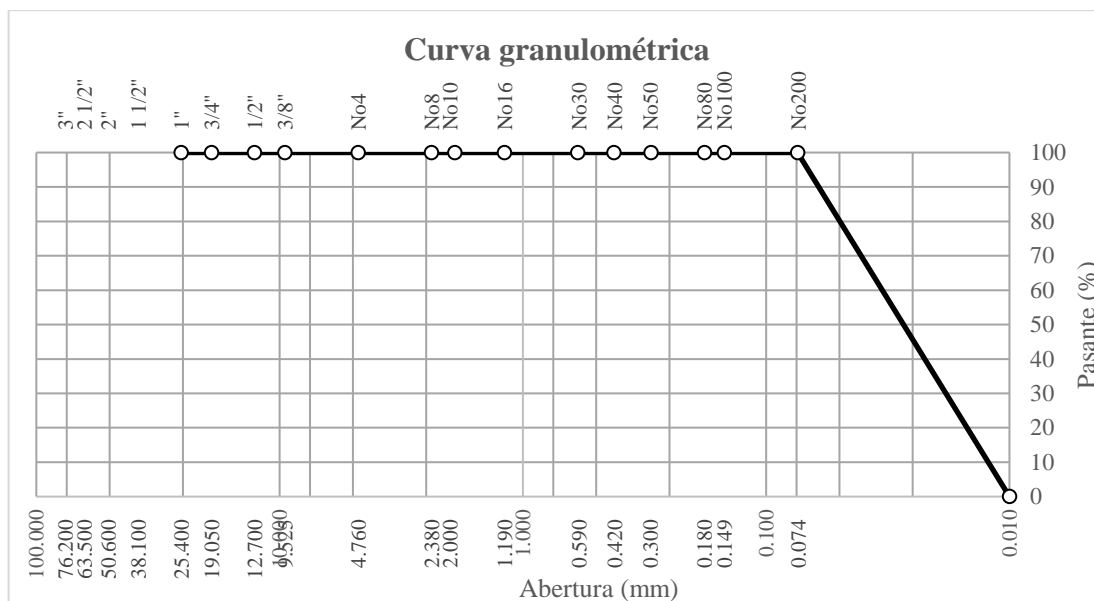


Figura 15. Curva granulométrica cal hidratada

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2. Descripción del cemento asfáltico

Según la zona de estudio se elegirá el cemento asfáltico adecuado para la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente, es así que en la tabla 12 se presenta la tabla del tipo de cemento asfáltico a emplear según la temperatura media anual de la zona de estudio, esta temperatura media anual se obtendrá según SENAMHI, en este caso se tienen tres zonas de estudio, Lima, Chanchamayo y Villa Rica, para las cuales se tienen temperaturas medias anuales entre 20°C a 23°C, por lo que el cemento asfáltico a elegir según la tabla 12 es de PEN 60/70.

Tabla 12. Tipo de cemento asfáltico según penetración

Temperatura media anual (según zona)	Cemento asfáltico según penetración
< 5°C	Cemento asfáltico modificado
5°C a 15°C	C.A. PEN 85/100 o C.A. PEN 120/150
15°C a 24°C	C.A. PEN 60/70
> 24°C	C.A. PEN 40/50 o C.A. PEN 60/70 o asfalto modificado

Fuente: Tabla de Anexos-MTC (2014)

En la tabla 13, se presentan las características del cemento asfáltico PEN 60/70 obtenidos de la ficha técnica de asfaltos de la empresa Repsol, en la que se

adjuntan las especificaciones del asfalto y la norma correspondiente a cada especificación.

Tabla 13. Características del cemento asfáltico PEN 60/70

<b>ASFALTO SÓLIDO 60/70 PEN</b>				
<b>Ensayos</b>	<b>Especificaciones (a)</b>		<b>Norma</b>	
	<b>Mín.</b>	<b>Máx.</b>	<b>ASTM</b>	<b>AASHTO</b>
<b>PENETRACIÓN</b> a 25°C, 100 g, 5 s, 0.1mm	60	70	D-5	T-49
<b>VOLATILIDAD</b> Punto de inflamación Cleveland, copa abierta, °C	232		D-92	T-48
<b>DUCTILIDAD</b> a 25°C, 5 cm/min, cm	100		D-113	T-51
<b>SOLUBILIDAD EN TRICLOROETILENO,</b> % masa	99,0		D-2042	T-44
<b>SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA</b> Prueba de calentamiento sobre película delgada, 3.2 mm, 163°C, 5 horas:			D-1754	T-179
Pérdida de masa por calentamiento, %		0,8	D-1754	T-179
Penetración retenida, % del original	52+		D-5	T-49
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	50		D-113	T-51
Índice de susceptibilidad térmica	-1	+1		Francés RLB
<b>FLUIDEZ</b> Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	Reportar		D-2170	T-201
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	200		D-2170	T-201
<b>REQUERIMIENTO GENERAL:</b>	El cemento asfáltico deberá ser homogéneo, libre de agua, y no deberá formar espuma al ser calentado a 175°C.			

Fuente: Ficha técnica de Repsol

## 4.2. COMBINACIÓN DE AGREGADOS

En el presente ítem se presentarán los resultados de las combinaciones de agregados según los usos granulométricos MAC-1, MAC-2 y MAC-3, las cuales serán aplicadas según las especificaciones del manual de carreteras.

### 4.2.1. Gradación MAC-1

La elaboración de la mezcla asfáltica en caliente con la gradación MAC-1 se llevará a cabo con material granular proveniente de la cantera de Pilcomayo, la

cual exige que el porcentaje de pasantes para el tamiz de 1" sea del 100%, para el tamiz ¾" los agregados gruesos deben encontrarse entre 80% y 100%, para el tamiz N°4 los agregados finos deben encontrarse entre 43% y 54% y el material más fino entre 4% y 8%, como se observa en la tabla 14.

Tabla 14. Huso granulométrico MAC-1

Tamiz (pulg)	Porcentaje que pasa
	MAC-1
1"	100
¾"	80 - 100
½"	67 - 85
⅜"	60 - 77
N°4	43 - 54
N°10	29 - 45
N°40	14 - 25
N°80	8 - 17
N°200	4 - 8

Fuente: (Especificaciones Técnicas, 2013)

En la tabla 15, se presentan los resultados de la combinación teórica de agregados por MAC-1 con los agregados de la cantera de Pilcomayo, siendo necesario el 24% de piedra chancada de ¾", 23% de piedra chancada de ½", 25% de arena natural, 27% de arena chancada y 1% de cal hidratada como filler.

Tabla 15. Combinación de agregados con huso granulométrico MAC-1

Malla		Porcentajes pasantes (%)					Mezcla
		Piedra chancada ¾"	Piedra chancada ½"	Arena natural	Arena chancada	Cal hidratada	
Tamiz	mm	24.0%	23.0%	25.0%	27.0%	1.0%	100.0%
tmz - 1"	25.405	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
tmz - ¾"	19.055	66.43	100.00	100.00	100.00	100.00	91.94
tmz - ½"	12.700	35.75	80.05	100.00	100.00	100.00	79.99
tmz - ⅜"	9.525	10.22	68.10	100.00	100.00	100.00	71.12
tmz - N° 4	4.750	2.18	26.50	85.40	83.26	100.00	51.45
tmz - N° 8	2.550	0.23	13.21	68.52	69.47	100.00	39.98
tmz - N° 10	2.000	0.00	8.05	56.90	60.17	100.00	33.32
tmz - N° 16	1.185	0.00	2.25	44.38	52.74	100.00	26.85
tmz - N° 30	0.600	0.00	0.13	33.56	43.63	100.00	21.20
tmz - N° 40	0.425	0.00	0.00	25.35	35.19	100.00	16.84

<b>tmz - N° 50</b>	<b>0.295</b>	0.00	0.00	18.97	27.49	100.00	<b>13.16</b>
<b>tmz - N° 80</b>	<b>0.175</b>	0.00	0.00	11.87	18.21	100.00	<b>8.89</b>
<b>tmz - N° 100</b>	<b>0.148</b>	0.00	0.00	9.04	13.23	100.00	<b>6.83</b>
<b>tmz - N° 200</b>	<b>0.072</b>	0.00	0.00	5.65	6.59	100.00	<b>4.19</b>
<b>&lt; tmz - N°200</b>		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.0</b>

Fuente: Elaboración propia

En la figura 16, se presenta la curva granulométrica resultante de la combinación teórica de agregados de la cantera de Pilcomayo, además las curvas del mínimo, máximo y promedio (considerada como curva ideal), con las cuáles se verifica que se cumpla con la gradación MAC-1. En la gráfica también se observa que se emplearán más agregados gruesos y menos agregados finos que lo indicado en la curva ideal.

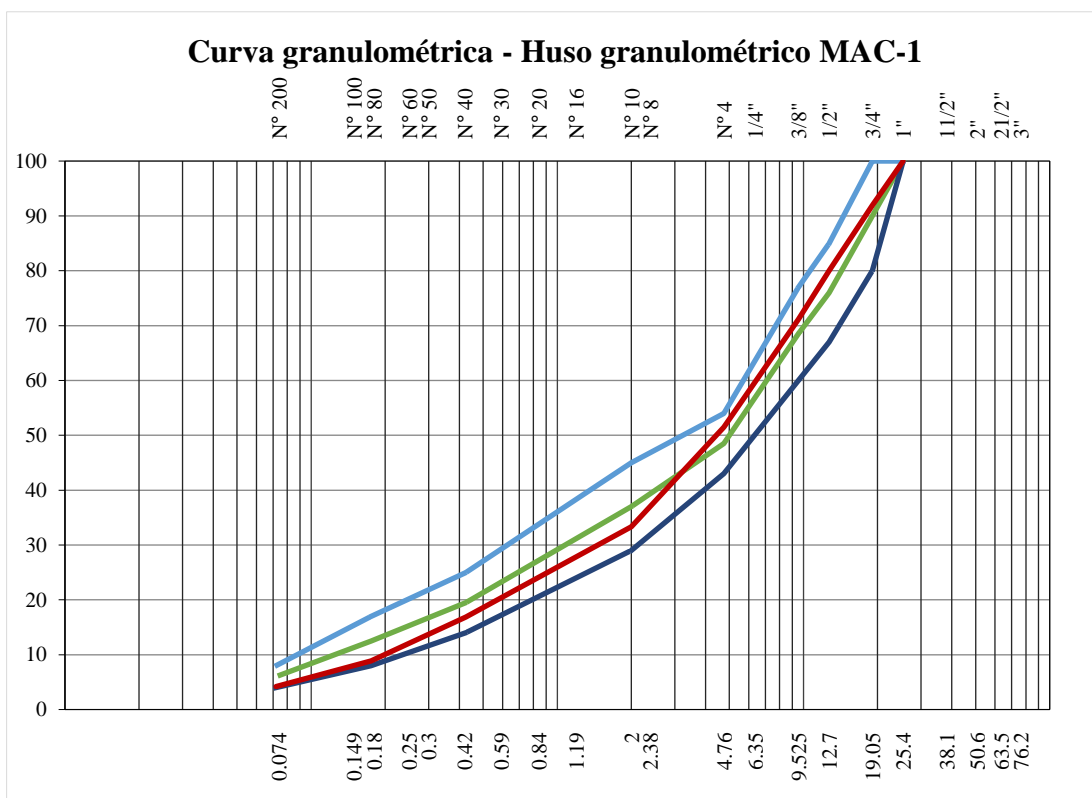


Figura 16. Curva granulométrica con huso granulométrico MAC-1

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 16, se presentan los pesos resultantes para realizar la mezcla de agregados tras obtener la combinación teórica por la gradación MAC-1, estos pesos fueron hallados para los tamices de 1/2", 3/8", N°4, N°10 y los pasantes de la malla N°10. Además, se optó por realizar la mezcla de agregados variando el

porcentaje de cemento asfáltico en peso de la mezcla de 1250 gramos en 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%.

Tabla 16. Pesos de agregados de combinación teórica por gradación MAC-1

<b>% Cemento asfáltico</b>	<b>4.0%</b>	<b>4.5%</b>	<b>5.0%</b>	<b>5.5%</b>	<b>6.0%</b>	<b>6.5%</b>
Tamiz	<b>Piedra chancada ¾" – Peso (gr)</b>					
tm - 1/2"	185.0	184.1	183.1	182.1	181.2	180.2
tm - 3/8"	73.5	73.1	72.8	72.4	72.0	71.6
tm - N°4	23.2	23.0	22.9	22.8	22.7	22.6
tm - N°10	6.3	6.2	6.2	6.2	6.1	6.1
< N°10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
<b>Sub-Total</b>	<b>288.0</b>	<b>286.5</b>	<b>285.0</b>	<b>283.5</b>	<b>282.0</b>	<b>280.5</b>
Tamiz	<b>Piedra chancada ½" - Peso (gr)</b>					
tm - 1/2"	55.1	54.8	54.5	54.2	53.9	53.6
tm - 3/8"	33.0	32.8	32.6	32.5	32.3	32.1
tm - N°4	114.8	114.2	113.6	113.0	112.4	111.8
tm - N°10	50.9	50.7	50.4	50.1	49.9	49.6
< N°10	22.2	22.1	22.0	21.9	21.8	21.6
<b>Sub-Total</b>	<b>276.0</b>	<b>274.6</b>	<b>273.1</b>	<b>271.7</b>	<b>270.3</b>	<b>268.8</b>
Tamiz	<b>Arena natural – Peso (gr)</b>					
tm - 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - 3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - N°4	43.8	43.6	43.3	43.1	42.9	42.7
tm - N°10	85.5	85.1	84.6	84.2	83.7	83.3
< N°10	170.7	169.8	168.9	168.0	167.1	166.3
<b>Sub-Total</b>	<b>300.0</b>	<b>298.4</b>	<b>296.9</b>	<b>295.3</b>	<b>293.8</b>	<b>292.2</b>
Tamiz	<b>Arena chancada – Peso (gr)</b>					
tm - 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - 3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - N°4	54.2	54.0	53.7	53.4	53.1	52.8
tm - N°10	74.8	74.4	74.0	73.6	73.2	72.9
< N°10	195.0	193.9	192.9	191.9	190.9	189.9
<b>Sub-Total</b>	<b>324.0</b>	<b>322.3</b>	<b>320.6</b>	<b>318.9</b>	<b>317.3</b>	<b>315.6</b>
Tamiz	<b>Cal hidratada – Peso (gr)</b>					
tm - 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - 3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - N°4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - N°10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
< N°10	12.0	11.9	11.9	11.8	11.8	11.7
<b>Sub-Total</b>	<b>12.0</b>	<b>11.9</b>	<b>11.9</b>	<b>11.8</b>	<b>11.8</b>	<b>11.7</b>
<b>Total Agreg. (gr)</b>	<b>1200.00</b>	<b>1193.75</b>	<b>1187.50</b>	<b>1181.25</b>	<b>1175.00</b>	<b>1168.75</b>
<b>PEN 60-70 (gr)</b>	<b>50.00</b>	<b>56.25</b>	<b>62.50</b>	<b>68.75</b>	<b>75.00</b>	<b>81.25</b>
<b>Total (gr)</b>	<b>1250.00</b>	<b>1250.00</b>	<b>1250.00</b>	<b>1250.00</b>	<b>1250.00</b>	<b>1250.00</b>

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.2. Gradación MAC-2

La elaboración de la mezcla asfáltica en caliente con la gradación MAC-2 se llevará a cabo con material granular proveniente de la cantera La Huaycha, la cual exige que el porcentaje de pasantes para el tamiz de ¾" sea del 100%, para el tamiz ½" los agregados gruesos deben encontrarse entre 80% y 100%, para el tamiz N°4 los agregados finos deben encontrarse entre 51% y 68% y el material más fino entre 4% y 8%, como se observa en la tabla 17.

Tabla 17. Huso granulométrico MAC-2

Tamiz (pulg)	Porcentaje que pasa
	MAC-2
1"	---
¾"	100
½"	80 - 100
3/8"	70 - 88
N°4	51 - 68
N°10	38 - 52
N°40	17 - 28
N°80	8 - 17
N°200	4 - 8

Fuente: (Especificaciones Técnicas, 2013)

En la tabla 18, se presentan los resultados de la combinación teórica de agregados por MAC-2 con los agregados de la cantera La Huaycha, siendo necesario el 33% de piedra chancada de ½", 32% de arena natural, 34% de arena chancada y 1% de cal hidratada como filler.

Tabla 18. Combinación de agregados con huso granulométrico MAC-2

Malla		Porcentajes pasantes (%)				
		Piedra chancada ½"	Arena natural	Arena chancada	Cal hidratada	Mezcla
Tamiz	mm	33.0%	32.0%	34.0%	1.0%	100.0%
tmz - 1"	25.405	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
tmz - ¾"	19.055	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
tmz - ½"	12.700	76.73	100.00	100.00	100.00	92.32
tmz - 3/8"	9.525	55.31	100.00	100.00	100.00	85.25
tmz - N° 4	4.750	31.68	82.61	81.10	100.00	65.46



<b>tmz - N° 8</b>	<b>2.550</b>	12.75	71.19	68.85	100.00	<b>51.40</b>
<b>tmz - N° 10</b>	<b>2.000</b>	6.71	63.55	61.33	100.00	<b>44.40</b>
<b>tmz - N° 16</b>	<b>1.185</b>	0.15	48.93	52.69	100.00	<b>34.62</b>
<b>tmz - N° 30</b>	<b>0.600</b>	0.00	36.09	39.09	100.00	<b>25.84</b>
<b>tmz - N° 40</b>	<b>0.425</b>	0.00	27.60	26.49	100.00	<b>18.84</b>
<b>tmz - N° 50</b>	<b>0.295</b>	0.00	19.09	20.35	100.00	<b>14.03</b>
<b>tmz - N° 80</b>	<b>0.175</b>	0.00	13.09	11.24	100.00	<b>9.01</b>
<b>tmz - N° 100</b>	<b>0.148</b>	0.00	5.99	8.45	100.00	<b>5.79</b>
<b>tmz - N° 200</b>	<b>0.072</b>	0.00	4.85	4.94	100.00	<b>4.23</b>
<b>&lt; tmz - N°200</b>		0.00	0.00	0.00	0.00	<b>0.0</b>

Fuente: Elaboración propia

En la figura 17, se presenta la curva granulométrica resultante de la combinación teórica de agregados de la cantera La Huaycha, además las curvas del mínimo, máximo y promedio (considerada como curva ideal), con las cuáles se verifica que se cumpla con la gradación MAC-2. En la gráfica también se observa que se emplearán más agregados gruesos y menos agregados finos que lo indicado en la curva ideal.

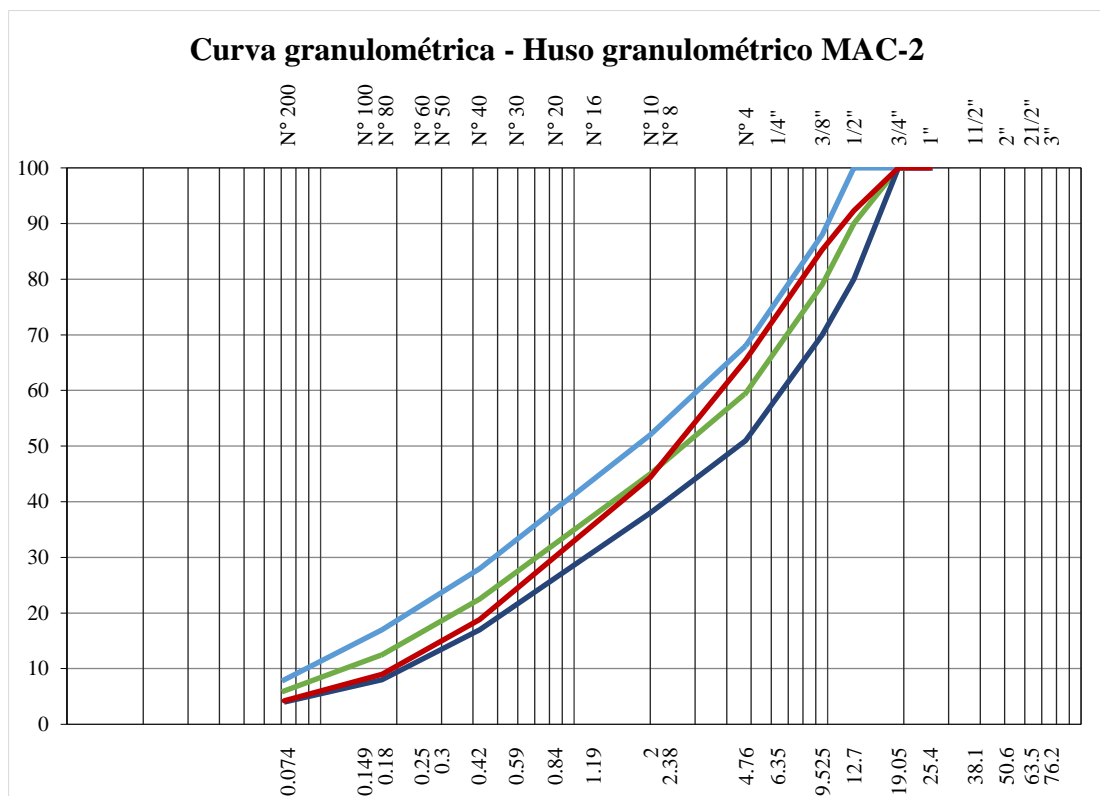


Figura 17. Curva granulométrica con huso granulométrico MAC-2

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 19, se presentan los pesos resultantes para realizar la mezcla de agregados tras obtener la combinación teórica por la gradación MAC-2, estos pesos fueron hallados para los tamices de 1/2", 3/8", N°4, N°10 y los pasantes de la malla N°10. Además, se optó por realizar la mezcla de agregados variando el porcentaje de cemento asfáltico en peso de la mezcla de 1250 gramos en 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%.

Tabla 19. Pesos de agregados de combinación teórica por gradación MAC-2

<b>% Cemento asfáltico</b>	<b>4.0%</b>	<b>4.5%</b>	<b>5.0%</b>	<b>5.5%</b>	<b>6.0%</b>	<b>6.5%</b>
Tamiz	<b>Piedra chancada 1/2" - Peso (gr)</b>					
tm - 1/2"	92.1	91.7	91.2	90.7	90.2	89.7
tm - 3/8"	84.8	84.4	83.9	83.5	83.1	82.6
tm - N°4	93.6	93.1	92.6	92.1	91.6	91.1
tm - N°10	98.9	98.4	97.9	97.3	96.8	96.3
< N°10	26.6	26.4	26.3	26.2	26.0	25.9
<b>Sub-Total</b>	<b>396.0</b>	<b>393.9</b>	<b>391.9</b>	<b>389.8</b>	<b>387.8</b>	<b>385.7</b>
Tamiz	<b>Arena natural – Peso (gr)</b>					
tm - 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - 3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - N°4	66.8	66.4	66.1	65.7	65.4	65.1
tm - N°10	73.2	72.8	72.4	72.0	71.7	71.3
< N°10	244.0	242.7	241.5	240.2	238.9	237.7
<b>Sub-Total</b>	<b>384.0</b>	<b>382.0</b>	<b>380.0</b>	<b>378.0</b>	<b>376.0</b>	<b>374.0</b>
Tamiz	<b>Arena chancada – Peso (gr)</b>					
tm - 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - 3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - N°4	77.1	76.7	76.3	75.9	75.5	75.1
tm - N°10	80.7	80.3	79.8	79.4	79.0	78.6
< N°10	250.2	248.9	247.6	246.3	245.0	243.7
<b>Sub-Total</b>	<b>408.0</b>	<b>405.9</b>	<b>403.8</b>	<b>401.6</b>	<b>399.5</b>	<b>397.4</b>
Tamiz	<b>Cal hidratada – Peso (gr)</b>					
tm - 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - 3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - N°4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - N°10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
< N°10	12.0	11.9	11.9	11.8	11.8	11.7
<b>Sub-Total</b>	<b>12.0</b>	<b>11.9</b>	<b>11.9</b>	<b>11.8</b>	<b>11.8</b>	<b>11.7</b>
<b>Total Agreg. (gr)</b>	<b>1200.00</b>	<b>1193.75</b>	<b>1187.50</b>	<b>1181.25</b>	<b>1175.00</b>	<b>1168.75</b>
<b>PEN 60-70 (gr)</b>	<b>50.00</b>	<b>56.25</b>	<b>62.50</b>	<b>68.75</b>	<b>75.00</b>	<b>81.25</b>
<b>Total (gr)</b>	<b>1250.00</b>	<b>1250.00</b>	<b>1250.00</b>	<b>1250.00</b>	<b>1250.00</b>	<b>1250.00</b>

Fuente: Elaboración propia

### 4.2.3. Gradación MAC-3

La elaboración de la mezcla asfáltica en caliente con la gradación MAC-3 se llevará a cabo con material granular proveniente de la cantera de Pilcomayo y La Huaycha, la cual exige que el porcentaje de pasantes para el tamiz 3/8" sea del 100%, para el tamiz N°4 los agregados finos deben encontrarse entre 65% y 687% y el material más fino entre 5% y 10%, como se observa en la tabla 20.

Tabla 20. Huso granulométrico MAC-3

Tamiz (pulg)	Porcentaje que pasa
	MAC-3
1"	---
3/4"	---
1/2"	---
3/8"	100
N°4	65 - 87
N°10	43 - 61
N°40	16 - 29
N°80	9 - 19
N°200	5 - 10

Fuente: (Especificaciones Técnicas, 2013)

En la tabla 21, se presentan los resultados de la combinación teórica de agregados por MAC-3 con los agregados finos de las canteras de Pilcomayo y La Huaycha, siendo necesario el 58% de arena natural (de la cantera de Pilcomayo), 41% de arena chancada (de la cantera La Huaycha) y 1% de cal hidratada como filler.

Tabla 21. Combinación de agregados con huso granulométrico MAC-3

Malla		Porcentajes pasantes (%)			
		Arena natural	Arena chancada	Cal hidratada	Mezcla
Tamiz	mm	58.0%	41.0%	1.0%	100.0%
tmz - 1"	25.405	100.00	100.00	100.00	100.00
tmz - 3/4"	19.055	100.00	100.00	100.00	100.00
tmz - 1/2"	12.700	100.00	100.00	100.00	100.00
tmz - 3/8"	9.525	100.00	100.00	100.00	100.00
tmz - N° 4	4.750	85.40	81.10	100.00	83.78
tmz - N° 8	2.550	68.52	68.85	100.00	68.97

tmz - N° 10	2.000	56.90	61.33	100.00	<b>59.15</b>
tmz - N° 16	1.185	44.38	52.69	100.00	<b>48.34</b>
tmz - N° 30	0.600	33.56	39.09	100.00	<b>36.49</b>
tmz - N° 40	0.425	25.35	26.49	100.00	<b>26.56</b>
tmz - N° 50	0.295	18.97	20.35	100.00	<b>20.35</b>
tmz - N° 80	0.175	11.87	11.24	100.00	<b>12.49</b>
tmz - N° 100	0.148	9.04	8.45	100.00	<b>9.71</b>
tmz - N° 200	0.072	5.65	4.94	100.00	<b>6.30</b>
< tmz - N°200		0.00	0.00	0.00	<b>0.00</b>

Fuente: Elaboración propia

En la figura 18, se presenta la curva granulométrica resultante de la combinación teórica de agregados de la cantera La Huaycha, además las curvas del mínimo, máximo y promedio (considerada como curva ideal), con las cuáles se verifica que se cumpla con la gradación MAC-3. En la gráfica también se observa que se emplearán más agregados gruesos y menos agregados finos que lo indicado en la curva ideal.

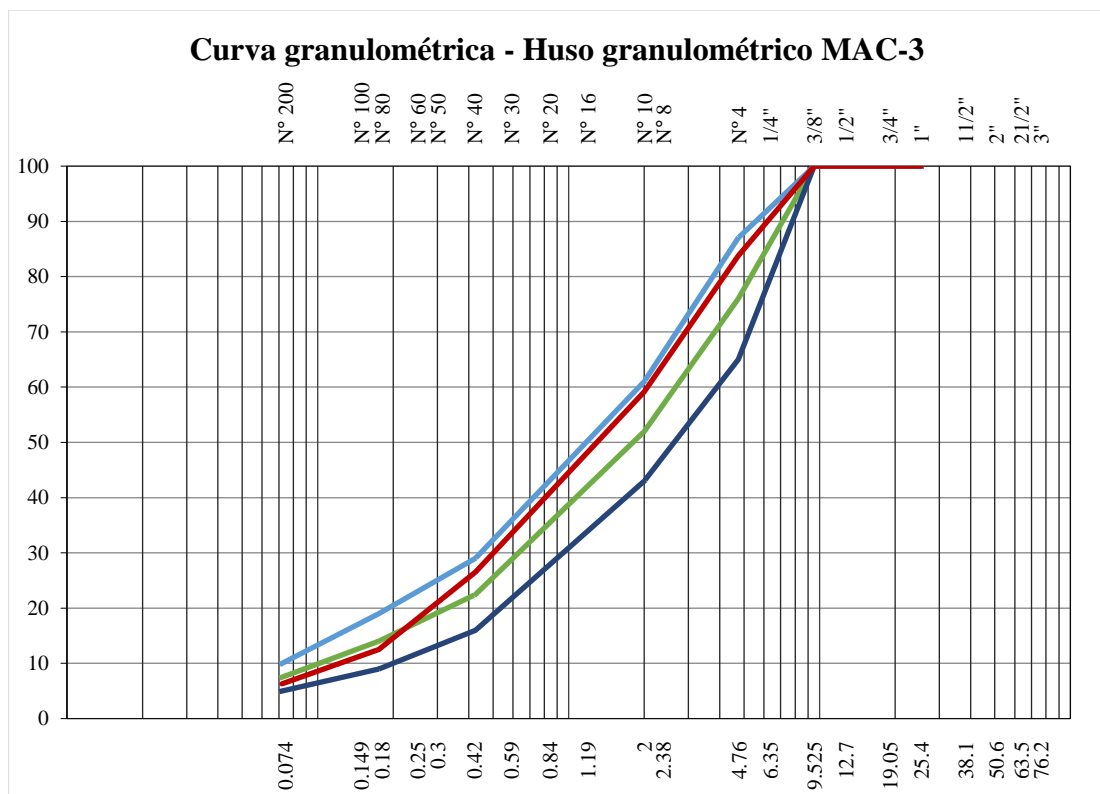


Figura 18. Curva granulométrica con huso granulométrico MAC-3

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 22, se presentan los pesos resultantes para realizar la mezcla de agregados tras obtener la combinación teórica por la gradación MAC-3, estos pesos fueron hallados para los tamices de 1/2", 3/8", N°4, N°10 y los pasantes de la malla N°10. Además, se optó por realizar la mezcla de agregados variando el porcentaje de cemento asfáltico en peso de la mezcla de 1250 gramos en 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%.

Tabla 22. Pesos de agregados de combinación teórica por gradación MAC-3

<b>% Cemento asfáltico</b>	<b>4.0%</b>	<b>4.5%</b>	<b>5.0%</b>	<b>5.5%</b>	<b>6.0%</b>	<b>6.5%</b>
Tamiz	<b>Arena natural – Peso (gr)</b>					
tm - 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - 3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - N°4	101.6	101.1	100.6	100.0	99.5	99.0
tm - N°10	198.4	197.3	196.3	195.3	194.2	193.2
< N°10	396.0	394.0	391.9	389.8	387.8	385.7
<b>Sub-Total</b>	<b>696.0</b>	<b>692.4</b>	<b>688.8</b>	<b>685.1</b>	<b>681.5</b>	<b>677.9</b>
Tamiz	<b>Arena chancada – Peso (gr)</b>					
tm - 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - 3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - N°4	93.0	92.5	92.0	91.5	91.1	90.6
tm - N°10	97.3	96.8	96.3	95.8	95.3	94.8
< N°10	301.7	300.2	298.6	297.0	295.4	293.9
<b>Sub-Total</b>	<b>492.0</b>	<b>489.4</b>	<b>486.9</b>	<b>484.3</b>	<b>481.8</b>	<b>479.2</b>
Tamiz	<b>Cal hidratada – Peso (gr)</b>					
tm - 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - 3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - N°4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
tm - N°10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
< N°10	12.0	11.9	11.9	11.8	11.8	11.7
<b>Sub-Total</b>	<b>12.0</b>	<b>11.9</b>	<b>11.9</b>	<b>11.8</b>	<b>11.8</b>	<b>11.7</b>
<b>Total Agreg. (gr)</b>	<b>1200.00</b>	<b>1193.75</b>	<b>1187.50</b>	<b>1181.25</b>	<b>1175.00</b>	<b>1168.75</b>
<b>PEN 60-70 (gr)</b>	<b>50.00</b>	<b>56.25</b>	<b>62.50</b>	<b>68.75</b>	<b>75.00</b>	<b>81.25</b>
<b>Total (gr)</b>	<b>1250.00</b>	<b>1250.00</b>	<b>1250.00</b>	<b>1250.00</b>	<b>1250.00</b>	<b>1250.00</b>

Fuente: Elaboración propia

### 4.3. ENSAYO RICE

Según la norma MTC E 504, se determina la densidad teórica máxima al ser una propiedad esencial en la composición de la mezcla asfáltica en caliente respecto al porcentaje de cemento asfáltico a incorporar y la mezcla de agregados.

La densidad teórica máxima se determinará bajo la norma MTC E 508 del manual de ensayo de materiales, aplicándolo en la presente investigación a diferentes niveles de presión atmosférica. Es así como se llevó a cabo el ensayo conocido como Rice para tres muestras por cada mezcla asfáltica en caliente diseñada con las gradaciones MAC-1, MAC-2 y MAC-3 al nivel de presión atmosférica a nivel del mar (Lima) y al nivel de presión atmosférica de selva alta (Villa Rica) en comparación de la mezcla a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio (Chanchamayo).

### 4.3.1. Densidad teórica máxima (Ensayo Rice) en Chanchamayo

#### 4.3.1.1. Ensayo Rice para diseño MAC-1

En la tabla 23, se adjuntan los datos del ensayo de densidad teórica máxima realizado a tres muestras del diseño MAC-1 por cada porcentaje de cemento asfáltico empleado (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%), al llevar a cabo el ensayo de Rice a un nivel de presión atmosférico de la zona de estudio en la ciudad de Chanchamayo. Y, en la tabla 24, se presentan los resultados del ensayo, en la cual se observa los pesos específicos máximos por cada muestra y el promedio por cada porcentaje de cemento asfáltico, ya que este resultado será necesario para el análisis por Marshall del diseño de la mezcla por MAC-1.

Tabla 23. Datos de ensayo de Rice - Diseño MAC-1 Chanchamayo

MTC E 508 Densidad teórica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos (Ensayo de Rice) - Diseño MAC-1

<i>Muestra</i>	Cemento asfáltico %	Peso de la mezcla gr	Peso de la mezcla + agua gr	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en aire) gr	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en agua) gr
<i>MAC1-C01</i>	4.0	1244.0	1444.0	2688.0	2195.5
<i>MAC1-C02</i>	4.0	1248.1	1448.1	2696.2	2203.1
<i>MAC1-C03</i>	4.0	1243.7	1443.7	2687.4	2197.0
<i>MAC1-C04</i>	4.5	1242.5	1442.5	2685.0	2194.2
<i>MAC1-C05</i>	4.5	1244.5	1444.5	2689.0	2197.2
<i>MAC1-C06</i>	4.5	1243.4	1443.4	2686.8	2193.8
<i>MAC1-C07</i>	5.0	1249.0	1449.0	2698.0	2201.9
<i>MAC1-C08</i>	5.0	1242.8	1442.8	2685.6	2190.4
<i>MAC1-C09</i>	5.0	1246.9	1446.9	2693.8	2197.4

<i>MACI-C10</i>	5.5	1249.8	1449.8	2699.6	2199.1
<i>MACI-C11</i>	5.5	1249.4	1449.4	2698.8	2199.2
<i>MACI-C12</i>	5.5	1247.6	1447.6	2695.2	2197.2
<i>MACI-C13</i>	6.0	1248.3	1448.3	2696.6	2194.6
<i>MACI-C14</i>	6.0	1243.4	1443.4	2686.8	2185.8
<i>MACI-C15</i>	6.0	1245.2	1445.2	2690.4	2191.5
<i>MACI-C16</i>	6.5	1245.4	1445.4	2690.8	2189.0
<i>MACI-C17</i>	6.5	1244.0	1444.0	2688.0	2185.6
<i>MACI-C18</i>	6.5	1247.8	1447.8	2695.6	2190.4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24. Resultados de ensayo de Rice - Diseño MAC-1 Chanchamayo

MTC E 508 Densidad teórica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos (Ensayo de Rice) - Diseño MAC-1

<i>Muestra</i>	Cemento asfáltico	Volumen de la mezcla	Densidad teórica máxima de la mezcla (Chanchamayo)	Densidad teórica máxima (RICE) MAC-1
	%	cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>
<i>MACI-C01</i>	4.0	492.5	2.526	
<i>MACI-C02</i>	4.0	493.1	2.531	2.531
<i>MACI-C03</i>	4.0	490.4	2.536	
<i>MACI-C04</i>	4.5	490.8	2.531	
<i>MACI-C05</i>	4.5	491.8	2.530	2.528
<i>MACI-C06</i>	4.5	493.0	2.522	
<i>MACI-C07</i>	5.0	496.1	2.518	
<i>MACI-C08</i>	5.0	495.2	2.510	2.513
<i>MACI-C09</i>	5.0	496.4	2.512	
<i>MACI-C10</i>	5.5	500.5	2.497	
<i>MACI-C11</i>	5.5	499.6	2.501	2.501
<i>MACI-C12</i>	5.5	498.0	2.505	
<i>MACI-C13</i>	6.0	502.0	2.487	
<i>MACI-C14</i>	6.0	501.0	2.482	2.488
<i>MACI-C15</i>	6.0	498.9	2.496	
<i>MACI-C16</i>	6.5	501.8	2.482	
<i>MACI-C17</i>	6.5	502.4	2.476	2.476
<i>MACI-C18</i>	6.5	505.2	2.470	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 19, se presenta la curva polinómica correspondiente a los resultados de densidad teórica máxima (Rice) realizado a las muestras de mezcla asfáltica en caliente por MAC-1 ante la variación del porcentaje de

cemento asfáltico al llevarse a cabo a un nivel de presión atmosférico de la zona de estudio en la ciudad de Chanchamayo, observando una variación de densidad teórica máxima de 2.470 a 2.536 gr/cm<sup>3</sup>.

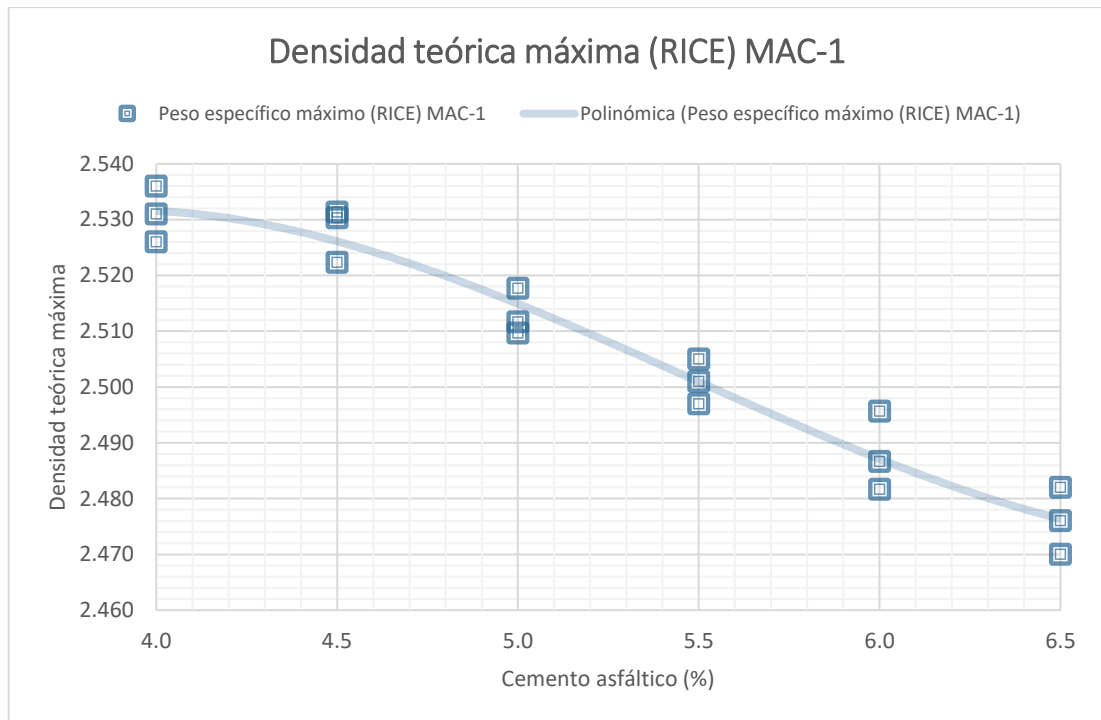


Figura 19. Gráfica de ensayo de Rice - Diseño MAC-1 Chanchamayo

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.1.2. Ensayo Rice para diseño MAC-2

En la tabla 25, se adjuntan los datos del ensayo de densidad teórica máxima realizado a tres muestras del diseño MAC-2 por cada porcentaje de cemento asfáltico empleado (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%), al llevar a cabo el ensayo de Rice a un nivel de presión atmosférico de la zona de estudio en la ciudad de Chanchamayo. Y en la tabla 26 se presentan los resultados del ensayo, en la cual se observa los pesos específicos máximos por cada muestra y el promedio por cada porcentaje de cemento asfáltico, ya que este resultado será necesario para el análisis por Marshall del diseño de la mezcla por MAC-2.



Tabla 25. Datos de ensayo de Rice - Diseño MAC-2 Chanchamayo

MTC E 508 Densidad teórica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos (Ensayo de Rice) - Diseño MAC-2

<i>Muestra</i>	Cemento asfáltico	Peso de la mezcla	Peso de la mezcla + agua	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en aire)	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en agua)
	%	gr	gr	gr	gr
MAC2-C01	4.0	1242.7	1442.7	2685.4	2193.4
MAC2-C02	4.0	1245.9	1445.9	2691.8	2199.0
MAC2-C03	4.0	1249.9	1449.9	2699.8	2206.2
MAC2-C04	4.5	1244.9	1444.9	2689.8	2196.8
MAC2-C05	4.5	1244.6	1444.6	2689.2	2197.5
MAC2-C06	4.5	1245.2	1445.2	2690.4	2196.3
MAC2-C07	5.0	1249.4	1449.4	2698.8	2203.2
MAC2-C08	5.0	1244.5	1444.5	2689.0	2194.0
MAC2-C09	5.0	1244.4	1444.4	2688.8	2195.0
MAC2-C10	5.5	1245.6	1445.6	2691.2	2192.8
MAC2-C11	5.5	1243.3	1443.3	2686.6	2190.7
MAC2-C12	5.5	1246.0	1446.0	2692.0	2192.8
MAC2-C13	6.0	1247.1	1447.1	2694.2	2191.7
MAC2-C14	6.0	1248.6	1448.6	2697.2	2194.5
MAC2-C15	6.0	1243.7	1443.7	2687.4	2187.9
MAC2-C16	6.5	1247.7	1447.7	2695.4	2191.5
MAC2-C17	6.5	1247.2	1447.2	2694.4	2192.3
MAC2-C18	6.5	1243.2	1443.2	2686.4	2184.7

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26. Resultados de ensayo de Rice - Diseño MAC-2 Chanchamayo

MTC E 508 Densidad teórica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos (Ensayo de Rice) - Diseño MAC-2

<i>Muestra</i>	Cemento asfáltico	Volumen de la mezcla	Densidad teórica máxima de la mezcla (Chanchamayo)	Densidad teórica máxima (RICE) MAC-1
	%	cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>
MAC2-C01	4.0	492.0	2.526	
MAC2-C02	4.0	492.8	2.528	2.529
MAC2-C03	4.0	493.6	2.532	
MAC2-C04	4.5	493.0	2.525	
MAC2-C05	4.5	491.7	2.531	2.525
MAC2-C06	4.5	494.1	2.520	
MAC2-C07	5.0	495.6	2.521	2.518

MAC2-C08	5.0	495.0	2.514	
MAC2-C09	5.0	493.8	2.520	
MAC2-C10	5.5	498.4	2.499	
MAC2-C11	5.5	495.9	2.507	2.501
MAC2-C12	5.5	499.2	2.496	
MAC2-C13	6.0	502.5	2.482	
MAC2-C14	6.0	502.7	2.484	2.485
MAC2-C15	6.0	499.5	2.490	
MAC2-C16	6.5	503.9	2.476	
MAC2-C17	6.5	502.1	2.484	2.479
MAC2-C18	6.5	501.7	2.478	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 20, se presenta la curva polinómica correspondiente a los resultados de densidad teórica máxima (Rice) realizado a las muestras de mezcla asfáltica en caliente por MAC-2 ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico al llevarse a cabo a un nivel de presión atmosférico de la zona de estudio en la ciudad de Chanchamayo, observando una variación de densidad teórica máxima de 2.476 a 2.532 gr/cm<sup>3</sup>.

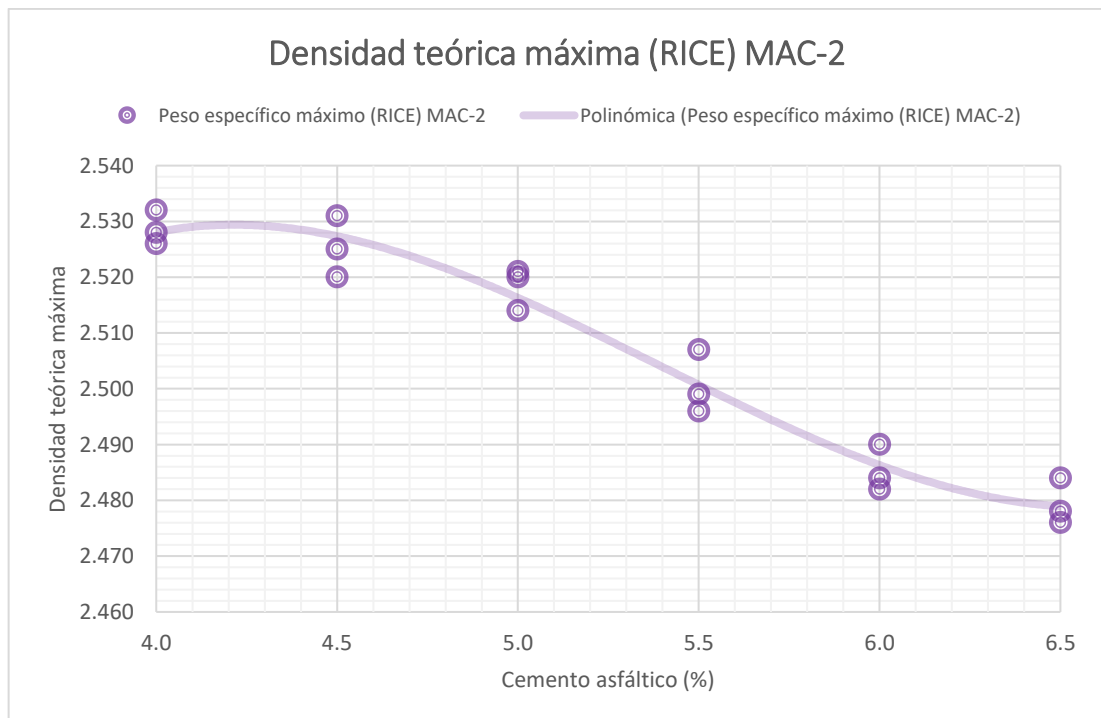


Figura 20. Gráfica de ensayo de Rice - Diseño MAC-2 Chanchamayo

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.1.3. Ensayo Rice para diseño MAC-3

En la tabla 27, se adjuntan los datos del ensayo de densidad teórica máxima realizado a tres muestras del diseño MAC-3 por cada porcentaje de cemento asfáltico empleado (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%), al llevar a cabo el ensayo de Rice a un nivel de presión atmosférico de la zona de estudio en la ciudad de Chanchamayo. Y, en la tabla 28, se presentan los resultados del ensayo, en la cual se observa los pesos específicos máximos por cada muestra y el promedio por cada porcentaje de cemento asfáltico, ya que este resultado será necesario para el análisis por Marshall del diseño de la mezcla por MAC-3.

Tabla 27. Datos de ensayo de Rice - Diseño MAC-3 Chanchamayo

MTC E 508 Densidad teórica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos (Ensayo de Rice) - Diseño MAC-3

<i>Muestra</i>	Cemento asfáltico	Peso de la mezcla	Peso de la mezcla + agua	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en aire)	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en agua)
	%	gr	gr	gr	gr
<i>MAC3-C01</i>	4.0	1244.3	1444.3	2688.6	2197.8
<i>MAC3-C02</i>	4.0	1242.7	1442.7	2685.4	2196.3
<i>MAC3-C03</i>	4.0	1247.1	1447.1	2694.2	2202.6
<i>MAC3-C04</i>	4.5	1245.5	1445.5	2691.0	2199.3
<i>MAC3-C05</i>	4.5	1245.0	1445.0	2690.0	2199.3
<i>MAC3-C06</i>	4.5	1245.1	1445.1	2690.2	2200.2
<i>MAC3-C07</i>	5.0	1242.7	1442.7	2685.4	2194.4
<i>MAC3-C08</i>	5.0	1246.1	1446.1	2692.2	2199.5
<i>MAC3-C09</i>	5.0	1242.7	1442.7	2685.4	2192.7
<i>MAC3-C10</i>	5.5	1243.1	1443.1	2686.2	2192.1
<i>MAC3-C11</i>	5.5	1248.3	1448.3	2696.6	2199.7
<i>MAC3-C12</i>	5.5	1242.8	1442.8	2685.6	2190.1
<i>MAC3-C13</i>	6.0	1247.1	1447.1	2694.2	2195.8
<i>MAC3-C14</i>	6.0	1245.3	1445.3	2690.6	2191.7
<i>MAC3-C15</i>	6.0	1246.4	1446.4	2692.8	2193.6
<i>MAC3-C16</i>	6.5	1249.9	1449.9	2699.8	2199.4
<i>MAC3-C17</i>	6.5	1245.5	1445.5	2691.0	2190.6
<i>MAC3-C18</i>	6.5	1245.5	1445.5	2691.0	2191.4

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28. Resultados de ensayo de Rice - Diseño MAC-3 Chanchamayo  
MTC E 508 Densidad teórica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos (Ensayo de Rice) - Diseño MAC-3

<i>Muestra</i>	Cemento asfáltico	Volumen de la mezcla	Densidad teórica máxima de la mezcla (Chanchamayo)	Densidad teórica máxima (RICE) MAC-1
	%	cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>
<i>MAC3-C01</i>	4.0	490.8	2.535	
<i>MAC3-C02</i>	4.0	489.1	2.541	2.538
<i>MAC3-C03</i>	4.0	491.6	2.537	
<i>MAC3-C04</i>	4.5	491.7	2.533	
<i>MAC3-C05</i>	4.5	490.7	2.537	2.537
<i>MAC3-C06</i>	4.5	490.0	2.541	
<i>MAC3-C07</i>	5.0	491.0	2.531	
<i>MAC3-C08</i>	5.0	492.7	2.529	2.527
<i>MAC3-C09</i>	5.0	492.7	2.522	
<i>MAC3-C10</i>	5.5	494.1	2.516	
<i>MAC3-C11</i>	5.5	496.9	2.512	2.512
<i>MAC3-C12</i>	5.5	495.5	2.508	
<i>MAC3-C13</i>	6.0	498.4	2.502	
<i>MAC3-C14</i>	6.0	498.9	2.496	2.498
<i>MAC3-C15</i>	6.0	499.2	2.497	
<i>MAC3-C16</i>	6.5	500.4	2.498	
<i>MAC3-C17</i>	6.5	500.4	2.489	2.493
<i>MAC3-C18</i>	6.5	499.6	2.493	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 21, se presenta la curva polinómica correspondiente a los resultados de densidad teórica máxima (Rice) realizado a las muestras de mezcla asfáltica en caliente por MAC-3 ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico al llevarse a cabo a un nivel de presión atmosférico de la zona de estudio en la ciudad de Chanchamayo, observando una variación de densidad teórica máxima de 2.489 a 2.541 gr/cm<sup>3</sup>.

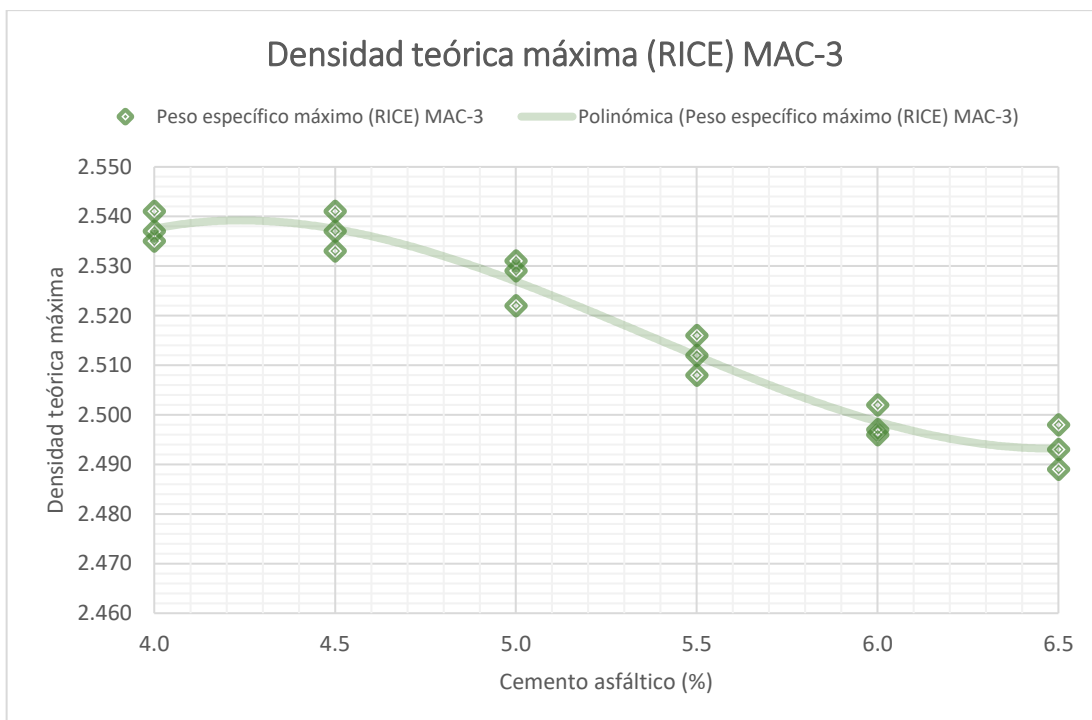


Figura 21. Gráfica de ensayo de Rice - Diseño MAC-3 Chanchamayo

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.2. Densidad teórica máxima (Ensayo Rice) en Villa Rica

#### 4.3.2.1. Ensayo Rice para diseño MAC-1

En la tabla 29, se adjuntan los datos del ensayo de densidad teórica máxima realizado a tres muestras del diseño MAC-1 por cada porcentaje de cemento asfáltico empleado (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%), al llevar a cabo el ensayo de Rice al nivel de presión atmosférico de la selva alta en la ciudad de Villa Rica. Y en la tabla 30 se presentan los resultados del ensayo, en la cual se observa los pesos específicos máximos por cada muestra y el promedio por cada porcentaje de cemento asfáltico, ya que este resultado será necesario para el análisis por Marshall del diseño de la mezcla por MAC-1.

Tabla 29. Datos de ensayo de Rice - Diseño MAC-1 Villa Rica

MTC E 508 Densidad teórica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos (Ensayo de Rice) - Diseño MAC-1

<i>Muestra</i>	Cemento asfáltico %	Peso de la mezcla gr	Peso de la mezcla + agua gr	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en aire) gr	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en agua) gr
<i>MAC1-VR01</i>	4.0	1244.8	1444.8	2689.6	2197.6

MACI-VR02	4.0	1243.2	1443.2	2686.4	2192.3
MACI-VR03	4.0	1245.0	1445.0	2690.0	2194.6
MACI-VR04	4.5	1242.6	1442.6	2685.2	2189.7
MACI-VR05	4.5	1249.8	1449.8	2699.6	2204.6
MACI-VR06	4.5	1247.6	1447.6	2695.2	2199.1
MACI-VR07	5.0	1243.8	1443.8	2687.6	2191.9
MACI-VR08	5.0	1247.7	1447.7	2695.4	2197.2
MACI-VR09	5.0	1249.2	1449.2	2698.4	2198.4
MACI-VR10	5.5	1247.6	1447.6	2695.2	2196.8
MACI-VR11	5.5	1247.3	1447.3	2694.6	2193.3
MACI-VR12	5.5	1247.8	1447.8	2695.6	2195.9
MACI-VR13	6.0	1242.9	1442.9	2685.8	2183.4
MACI-VR14	6.0	1246.7	1446.7	2693.4	2190.1
MACI-VR15	6.0	1248.3	1448.3	2696.6	2190.2
MACI-VR16	6.5	1249.6	1449.6	2699.2	2190.9
MACI-VR17	6.5	1243.2	1443.2	2686.4	2179.0
MACI-VR18	6.5	1246.3	1446.3	2692.6	2185.8

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30. Resultados de ensayo de Rice - Diseño MAC-1 Villa Rica

MTC E 508 Densidad teórica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos (Ensayo de Rice) - Diseño MAC-1

<i>Muestra</i>	Cemento asfáltico	Volumen de la mezcla	Densidad teórica máxima de la mezcla (Villa Rica)	Densidad teórica máxima (RICE) MAC-1
	%	cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>
MACI-VR01	4.0	492.0	2.530	
MACI-VR02	4.0	494.1	2.516	2.520
MACI-VR03	4.0	495.4	2.513	
MACI-VR04	4.5	495.5	2.508	
MACI-VR05	4.5	495.0	2.525	2.516
MACI-VR06	4.5	496.1	2.515	
MACI-VR07	5.0	495.7	2.509	
MACI-VR08	5.0	498.2	2.504	2.504
MACI-VR09	5.0	500.0	2.498	
MACI-VR10	5.5	498.4	2.503	
MACI-VR11	5.5	501.3	2.488	2.496
MACI-VR12	5.5	499.7	2.497	
MACI-VR13	6.0	502.4	2.474	
MACI-VR14	6.0	503.3	2.477	2.472
MACI-VR15	6.0	506.4	2.465	

<i>MACI-VR16</i>	6.5	508.3	2.458	
<i>MACI-VR17</i>	6.5	507.4	2.450	2.456
<i>MACI-VR18</i>	6.5	506.8	2.459	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 22, se presenta la curva polinómica correspondiente a los resultados de densidad teórica máxima (Rice) realizado a las muestras de mezcla asfáltica en caliente por MAC-1 ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico al llevarse a cabo a un nivel de presión atmosférico de la selva alta en la ciudad de Villa Rica, observando una variación de densidad teórica máxima de 2.450 a 2.530 gr/cm<sup>3</sup>.

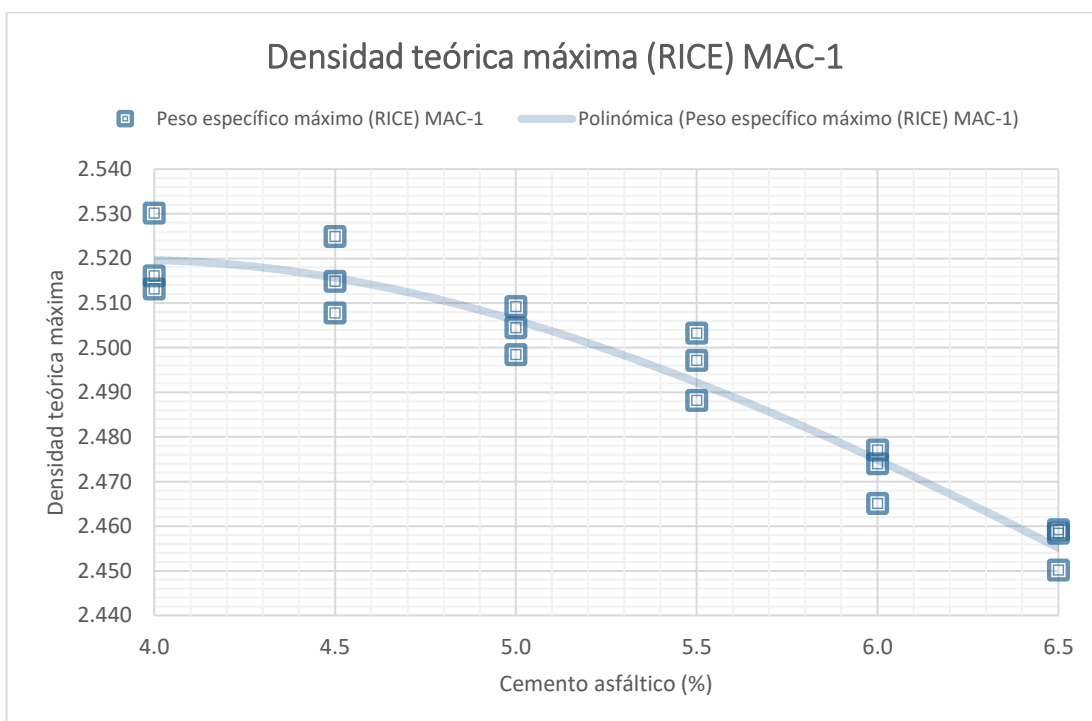


Figura 22. Gráfica de ensayo de Rice - Diseño MAC-1 Villa Rica

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.2.2. Ensayo Rice para diseño MAC-2

En la tabla 31, se adjuntan los datos del ensayo de densidad teórica máxima realizado a tres muestras del diseño MAC-2 por cada porcentaje de cemento asfáltico empleado (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%), al llevar a cabo el ensayo de Rice a un nivel de presión atmosférico de la selva alta en la ciudad de Villa Rica. Y en la tabla 32 se presentan los resultados del ensayo, en la cual se observa los pesos específicos máximos por cada muestra y el

promedio por cada porcentaje de cemento asfáltico, ya que este resultado será necesario para el análisis por Marshall del diseño de la mezcla por MAC-2.

Tabla 31. Datos de ensayo de Rice - Diseño MAC-2 Villa Rica

MTC E 508 Densidad teórica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos (Ensayo de Rice) - Diseño MAC-2

<i>Muestra</i>	Cemento asfáltico	Peso de la mezcla	Peso de la mezcla + agua	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en aire)	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en agua)
	%	gr	gr	gr	gr
<i>MAC2-VR01</i>	4.0	1245.8	1445.8	2691.6	2197.6
<i>MAC2-VR02</i>	4.0	1245.7	1445.7	2691.4	2199.4
<i>MAC2-VR03</i>	4.0	1244.8	1444.8	2689.6	2194.8
<i>MAC2-VR04</i>	4.5	1243.6	1443.6	2687.2	2192.3
<i>MAC2-VR05</i>	4.5	1242.8	1442.8	2685.6	2192.4
<i>MAC2-VR06</i>	4.5	1247.1	1447.1	2694.2	2200.9
<i>MAC2-VR07</i>	5.0	1246.0	1446.0	2692.0	2194.0
<i>MAC2-VR08</i>	5.0	1248.7	1448.7	2697.4	2197.7
<i>MAC2-VR09</i>	5.0	1243.6	1443.6	2687.2	2192.3
<i>MAC2-VR10</i>	5.5	1247.9	1447.9	2695.8	2195.2
<i>MAC2-VR11</i>	5.5	1245.3	1445.3	2690.6	2190.5
<i>MAC2-VR12</i>	5.5	1247.3	1447.3	2694.6	2191.7
<i>MAC2-VR13</i>	6.0	1243.0	1443.0	2686.0	2184.2
<i>MAC2-VR14</i>	6.0	1247.5	1447.5	2695.0	2193.0
<i>MAC2-VR15</i>	6.0	1247.6	1447.6	2695.2	2190.5
<i>MAC2-VR16</i>	6.5	1243.8	1443.8	2687.6	2184.4
<i>MAC2-VR17</i>	6.5	1242.5	1442.5	2685.0	2179.7
<i>MAC2-VR18</i>	6.5	1243.0	1443.0	2686.0	2180.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 32. Resultados de ensayo de Rice - Diseño MAC-2 Villa Rica

MTC E 508 Densidad teórica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos (Ensayo de Rice) - Diseño MAC-2

<i>Muestra</i>	Cemento asfáltico	Volumen de la mezcla	Densidad teórica máxima de la mezcla (Villa Rica)	Densidad teórica máxima (RICE) MAC-1
	%	cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>
<i>MAC2-VR01</i>	4.0	494.0	2.522	
<i>MAC2-VR02</i>	4.0	492.0	2.532	2.523
<i>MAC2-VR03</i>	4.0	494.8	2.516	
<i>MAC2-VR04</i>	4.5	494.9	2.513	2.520
<i>MAC2-VR05</i>	4.5	493.2	2.520	



MAC2-VR06	4.5	493.3	2.528	
MAC2-VR07	5.0	498.0	2.502	
MAC2-VR08	5.0	499.7	2.499	2.505
MAC2-VR09	5.0	494.9	2.513	
MAC2-VR10	5.5	500.6	2.493	
MAC2-VR11	5.5	500.1	2.490	2.488
MAC2-VR12	5.5	502.9	2.480	
MAC2-VR13	6.0	501.8	2.477	
MAC2-VR14	6.0	502.0	2.485	2.478
MAC2-VR15	6.0	504.7	2.472	
MAC2-VR16	6.5	503.2	2.472	
MAC2-VR17	6.5	505.3	2.459	2.464
MAC2-VR18	6.5	505.1	2.461	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 23, se presenta la curva polinómica correspondiente a los resultados de densidad teórica máxima (Rice) realizado a las muestras de mezcla asfáltica en caliente por MAC-2 ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico al llevarse a cabo a un nivel de presión atmosférico de la selva alta en la ciudad de Villa Rica, observando una variación de densidad teórica máxima de 2.459 a 2.532 gr/cm<sup>3</sup>.

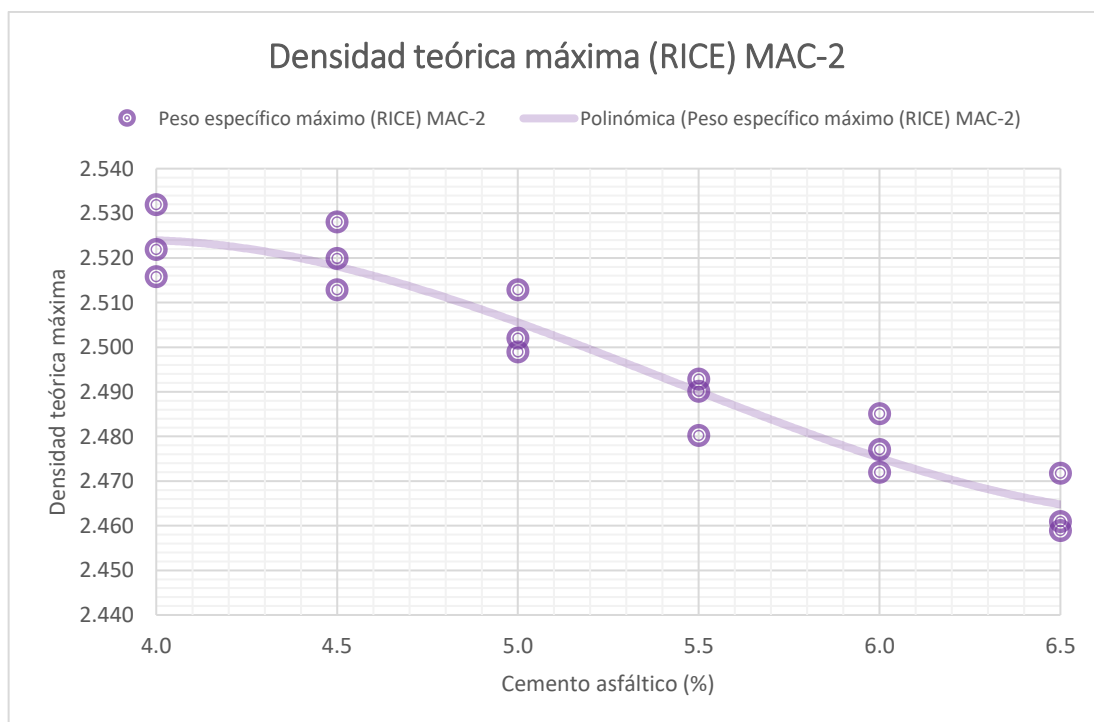


Figura 23. Gráfica de ensayo de Rice - Diseño MAC-2 Villa Rica

Fuente: Elaboración propia

### 4.3.2.3. Ensayo Rice para diseño MAC-3

En la tabla 33, se adjuntan los datos del ensayo de densidad teórica máxima realizado a tres muestras del diseño MAC-3 por cada porcentaje de cemento asfáltico empleado (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%), al llevar a cabo el ensayo de Rice a un nivel de presión atmosférico de la selva alta en la ciudad de Villa Rica. Y en la tabla 34 se presentan los resultados del ensayo, en la cual se observa los pesos específicos máximos por cada muestra y el promedio por cada porcentaje de cemento asfáltico, ya que este resultado será necesario para el análisis por Marshall del diseño de la mezcla por MAC-3.

Tabla 33. Datos de ensayo de Rice - Diseño MAC-3 Villa Rica

MTC E 508 Densidad teórica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos (Ensayo de Rice) - Diseño MAC-3

<i>Muestra</i>	Cemento asfáltico	Peso de la mezcla	Peso de la mezcla + agua	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en aire)	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en agua)
	%	gr	gr	gr	gr
<i>MAC3-VR01</i>	4.0	1246.3	1446.3	2692.6	2199.8
<i>MAC3-VR02</i>	4.0	1242.6	1442.6	2685.2	2195.2
<i>MAC3-VR03</i>	4.0	1246.1	1446.1	2692.2	2201.4
<i>MAC3-VR04</i>	4.5	1242.8	1442.8	2685.6	2194.4
<i>MAC3-VR05</i>	4.5	1247.2	1447.2	2694.4	2201.0
<i>MAC3-VR06</i>	4.5	1249.0	1449.0	2698.0	2205.7
<i>MAC3-VR07</i>	5.0	1246.3	1446.3	2692.6	2196.7
<i>MAC3-VR08</i>	5.0	1247.5	1447.5	2695.0	2200.4
<i>MAC3-VR09</i>	5.0	1243.7	1443.7	2687.4	2192.9
<i>MAC3-VR10</i>	5.5	1242.6	1442.6	2685.2	2187.6
<i>MAC3-VR11</i>	5.5	1243.3	1443.3	2686.6	2190.7
<i>MAC3-VR12</i>	5.5	1246.2	1446.2	2692.4	2194.3
<i>MAC3-VR13</i>	6.0	1247.1	1447.1	2694.2	2191.9
<i>MAC3-VR14</i>	6.0	1250.3	1450.3	2700.6	2197.7
<i>MAC3-VR15</i>	6.0	1250.3	1450.3	2700.6	2198.5
<i>MAC3-VR16</i>	6.5	1246.8	1446.8	2693.6	2192.3
<i>MAC3-VR17</i>	6.5	1246.2	1446.2	2692.4	2190.7
<i>MAC3-VR18</i>	6.5	1248.2	1448.2	2696.4	2193.1

Fuente: Elaboración propia

Tabla 34. Resultados de ensayo de Rice - Diseño MAC-3 Villa Rica

MTC E 508 Densidad teórica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos (Ensayo de Rice) - Diseño MAC-3

<i>Muestra</i>	Cemento asfáltico	Volumen de la mezcla	Densidad teórica máxima de la mezcla (Villa Rica)	Densidad teórica máxima (RICE) MAC-1
	%	cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>
<i>MAC3-VR01</i>	4.0	492.8	2.529	
<i>MAC3-VR02</i>	4.0	490.0	2.536	2.535
<i>MAC3-VR03</i>	4.0	490.8	2.539	
<i>MAC3-VR04</i>	4.5	491.2	2.530	
<i>MAC3-VR05</i>	4.5	493.4	2.528	2.532
<i>MAC3-VR06</i>	4.5	492.3	2.537	
<i>MAC3-VR07</i>	5.0	495.9	2.513	
<i>MAC3-VR08</i>	5.0	494.6	2.522	2.517
<i>MAC3-VR09</i>	5.0	494.5	2.515	
<i>MAC3-VR10</i>	5.5	497.6	2.497	
<i>MAC3-VR11</i>	5.5	495.9	2.507	2.502
<i>MAC3-VR12</i>	5.5	498.1	2.502	
<i>MAC3-VR13</i>	6.0	502.3	2.483	
<i>MAC3-VR14</i>	6.0	502.9	2.486	2.486
<i>MAC3-VR15</i>	6.0	502.1	2.490	
<i>MAC3-VR16</i>	6.5	501.3	2.487	
<i>MAC3-VR17</i>	6.5	501.7	2.484	2.484
<i>MAC3-VR18</i>	6.5	503.3	2.480	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 24, se presenta la curva polinómica correspondiente a los resultados de densidad teórica máxima (Rice) realizado a las muestras de mezcla asfáltica en caliente por MAC-3 ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico al llevarse a cabo a un nivel de presión atmosférico de la zona de estudio en la ciudad de Villa Rica, observando una variación de densidad teórica máxima de 2.480 a 2.539 gr/cm<sup>3</sup>.

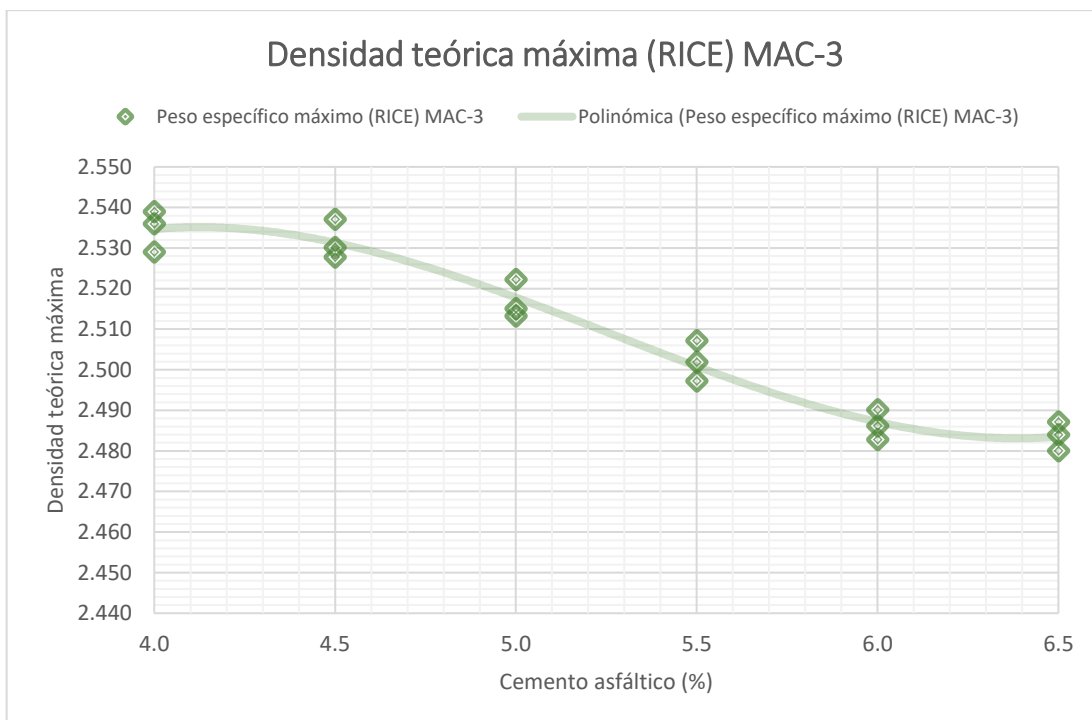


Figura 24. Gráfica de ensayo de Rice - Diseño MAC-3 Villa Rica  
Fuente: Elaboración propia

### 4.3.3. Densidad teórica máxima (Ensayo Rice) en Lima

#### 4.3.3.1. Ensayo Rice para diseño MAC-1

En la tabla 35, se adjuntan los datos del ensayo de densidad teórica máxima realizado a tres muestras del diseño MAC-1 por cada porcentaje de cemento asfáltico empleado (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%), al llevar a cabo el ensayo de Rice a un nivel de presión atmosférico a nivel del mar en la ciudad de Lima. Y en la tabla 36 se presentan los resultados del ensayo, en la cual se observa los pesos específicos máximos por cada muestra y el promedio por cada porcentaje de cemento asfáltico, ya que este resultado será necesario para el análisis por Marshall del diseño de la mezcla por MAC-1.

Tabla 35. Datos de ensayo de Rice - Diseño MAC-1 Lima

MTC E 508 Densidad teórica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos (Ensayo de Rice) - Diseño MAC-1

<i>Muestra</i>	Cemento asfáltico %	Peso de la mezcla gr	Peso de la mezcla + agua gr	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en aire) gr	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en agua) gr
<i>MAC1-L01</i>	4.0	1250.1	1450.1	2700.2	2207.5

MACI-L02	4.0	1245.4	1445.4	2690.8	2197.8
MACI-L03	4.0	1246.4	1446.4	2692.8	2200.7
MACI-L04	4.5	1249.4	1449.4	2698.8	2204.6
MACI-L05	4.5	1248.0	1448.0	2696.0	2203.1
MACI-L06	4.5	1247.4	1447.4	2694.8	2201.0
MACI-L07	5.0	1242.5	1442.5	2685.0	2190.6
MACI-L08	5.0	1243.3	1443.3	2686.6	2194.0
MACI-L09	5.0	1244.0	1444.0	2688.0	2194.0
MACI-L10	5.5	1248.3	1448.3	2696.6	2200.1
MACI-L11	5.5	1249.8	1449.8	2699.6	2201.1
MACI-L12	5.5	1243.4	1443.4	2686.8	2191.6
MACI-L13	6.0	1247.8	1447.8	2695.6	2195.1
MACI-L14	6.0	1248.8	1448.8	2697.6	2195.7
MACI-L15	6.0	1248.2	1448.2	2696.4	2196.7
MACI-L16	6.5	1248.3	1448.3	2696.6	2192.0
MACI-L17	6.5	1248.2	1448.2	2696.4	2193.3
MACI-L18	6.5	1249.6	1449.6	2699.2	2195.9

Fuente: Elaboración propia

Tabla 36. Resultados de ensayo de Rice - Diseño MAC-1 Lima

MTC E 508 Densidad teórica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos (Ensayo de Rice) - Diseño MAC-1

Muestra	Cemento asfáltico	Volumen de la mezcla	Densidad teórica máxima de la mezcla (Lima)	Densidad teórica máxima (RICE) MAC-1
	%	cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>
MACI-L01	4.0	492.7	2.537	
MACI-L02	4.0	493.0	2.526	2.532
MACI-L03	4.0	492.1	2.533	
MACI-L04	4.5	494.2	2.528	
MACI-L05	4.5	492.9	2.532	2.529
MACI-L06	4.5	493.8	2.526	
MACI-L07	5.0	494.4	2.513	
MACI-L08	5.0	492.6	2.524	2.518
MACI-L09	5.0	494.0	2.518	
MACI-L10	5.5	496.5	2.514	
MACI-L11	5.5	498.5	2.507	2.511
MACI-L12	5.5	495.2	2.511	
MACI-L13	6.0	500.5	2.493	
MACI-L14	6.0	501.9	2.488	2.493
MACI-L15	6.0	499.7	2.498	

<i>MACI-L16</i>	6.5	504.6	2.474	
<i>MACI-L17</i>	6.5	503.1	2.481	2.479
<i>MACI-L18</i>	6.5	503.3	2.483	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 25, se presenta la curva polinómica correspondiente a los resultados de densidad teórica máxima (Rice) realizado a las muestras de mezcla asfáltica en caliente por MAC-1 ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico al llevarse a cabo a un nivel de presión atmosférico a nivel del mar en la ciudad de Lima, observando una variación de densidad teórica máxima de 2.474 a 2.537 gr/cm<sup>3</sup>.

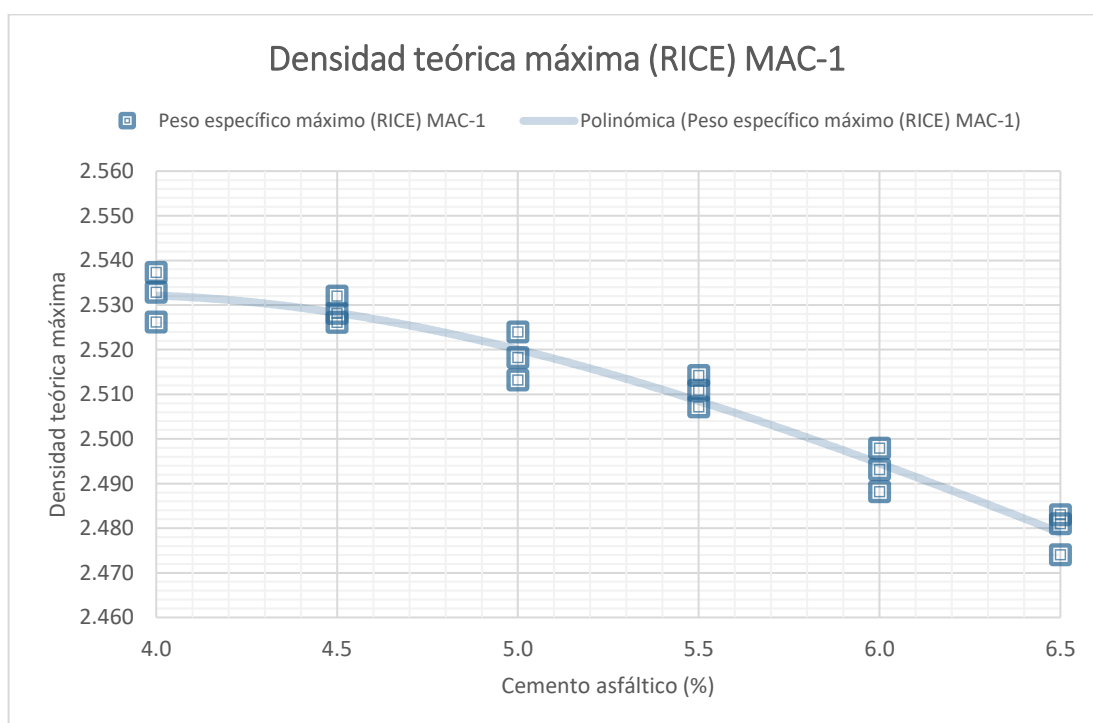


Figura 25. Gráfica de ensayo de Rice - Diseño MAC-1 Lima

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3.2. Ensayo Rice para diseño MAC-2

En la tabla 37, se adjuntan los datos del ensayo de densidad teórica máxima realizado a tres muestras del diseño MAC-2 por cada porcentaje de cemento asfáltico empleado (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%), al llevar a cabo el ensayo de Rice a un nivel de presión atmosférico a nivel del mar en la ciudad de Lima. Y, en la tabla 38, se presentan los resultados del ensayo, en la cual se observa los pesos específicos máximos por cada muestra y el promedio por

cada porcentaje de cemento asfáltico, ya que este resultado será necesario para el análisis por Marshall del diseño de la mezcla por MAC-2.

Tabla 37. Datos de ensayo de Rice - Diseño MAC-2 Lima

MTC E 508 Densidad teórica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos (Ensayo de Rice) - Diseño MAC-2

<i>Muestra</i>	Cemento asfáltico	Peso de la mezcla	Peso de la mezcla + agua	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en aire)	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en agua)
	%	gr	gr	gr	gr
MAC2-L01	4.0	1244.5	1444.5	2689.0	2198.8
MAC2-L02	4.0	1246.0	1446.0	2692.0	2199.3
MAC2-L03	4.0	1249.6	1449.6	2699.2	2205.9
MAC2-L04	4.5	1246.5	1446.5	2693.0	2201.3
MAC2-L05	4.5	1245.8	1445.8	2691.6	2199.6
MAC2-L06	4.5	1249.7	1449.7	2699.4	2204.3
MAC2-L07	5.0	1246.3	1446.3	2692.6	2198.4
MAC2-L08	5.0	1250.5	1450.5	2701.0	2206.3
MAC2-L09	5.0	1243.7	1443.7	2687.4	2195.0
MAC2-L10	5.5	1244.5	1444.5	2689.0	2194.2
MAC2-L11	5.5	1245.5	1445.5	2691.0	2193.6
MAC2-L12	5.5	1249.9	1449.9	2699.8	2201.4
MAC2-L13	6.0	1246.5	1446.5	2693.0	2192.4
MAC2-L14	6.0	1245.4	1445.4	2690.8	2189.8
MAC2-L15	6.0	1244.1	1444.1	2688.2	2190.4
MAC2-L16	6.5	1243.1	1443.1	2686.2	2182.5
MAC2-L17	6.5	1247.3	1447.3	2694.6	2189.6
MAC2-L18	6.5	1246.2	1446.2	2692.4	2189.5

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38. Resultados de ensayo de Rice - Diseño MAC-2 Lima

MTC E 508 Densidad teórica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos (Ensayo de Rice) - Diseño MAC-2

<i>Muestra</i>	Cemento asfáltico	Volumen de la mezcla	Densidad teórica máxima de la mezcla (Lima)	Densidad teórica máxima (RICE) MAC-1
	%	cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>
MAC2-L01	4.0	490.2	2.539	
MAC2-L02	4.0	492.7	2.529	2.534
MAC2-L03	4.0	493.3	2.533	
MAC2-L04	4.5	491.7	2.535	2.530
MAC2-L05	4.5	492.0	2.532	

MAC2-L06	4.5	495.1	2.524	
MAC2-L07	5.0	494.2	2.522	
MAC2-L08	5.0	494.7	2.528	2.525
MAC2-L09	5.0	492.4	2.526	
MAC2-L10	5.5	494.8	2.515	
MAC2-L11	5.5	497.4	2.504	2.509
MAC2-L12	5.5	498.4	2.508	
MAC2-L13	6.0	500.6	2.490	
MAC2-L14	6.0	501.0	2.486	2.492
MAC2-L15	6.0	497.8	2.499	
MAC2-L16	6.5	503.7	2.468	
MAC2-L17	6.5	505.0	2.470	2.472
MAC2-L18	6.5	502.9	2.478	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 26, se presenta la curva polinómica correspondiente a los resultados de densidad teórica máxima (Rice) realizado a las muestras de mezcla asfáltica en caliente por MAC-2 ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico al llevarse a cabo a un nivel de presión atmosférico a nivel del mar en la ciudad de Lima, observando una variación de densidad teórica máxima de 2.468 a 2.539 gr/cm<sup>3</sup>.

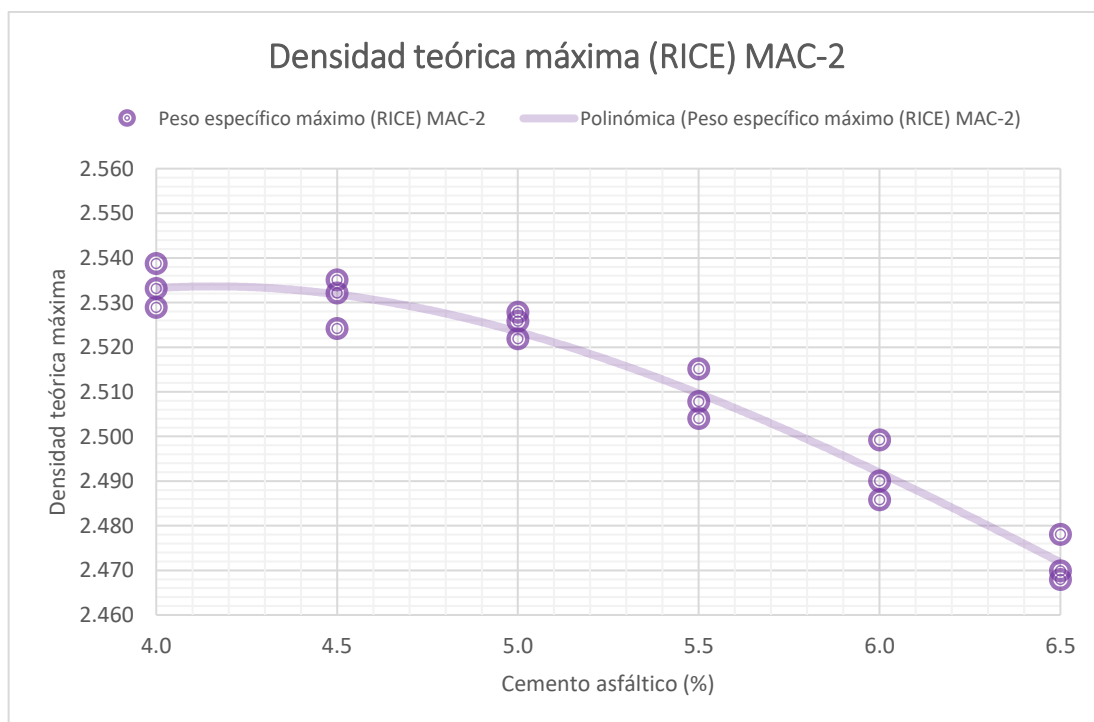


Figura 26. Gráfica de ensayo de Rice - Diseño MAC-2 Lima

Fuente: Elaboración propia



### 4.3.3.3. Ensayo Rice para diseño MAC-3

En la tabla 39, se adjuntan los datos del ensayo de densidad teórica máxima realizado a tres muestras del diseño MAC-3 por cada porcentaje de cemento asfáltico empleado (4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%), al llevar a cabo el ensayo de Rice a un nivel de presión atmosférico a nivel del mar en la ciudad de Lima. Y en la tabla 40 se presentan los resultados del ensayo, en la cual se observa los pesos específicos máximos por cada muestra y el promedio por cada porcentaje de cemento asfáltico, ya que este resultado será necesario para el análisis por Marshall del diseño de la mezcla por MAC-3.

Tabla 39. Datos de ensayo de Rice - Diseño MAC-3 Lima

MTC E 508 Densidad teórica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos (Ensayo de Rice) - Diseño MAC-3

<i>Muestra</i>	Cemento asfáltico	Peso de la mezcla	Peso de la mezcla + agua	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en aire)	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en agua)
	%	gr	gr	gr	gr
<i>MAC3-L01</i>	4.0	1249.3	1449.3	2698.6	2207.9
<i>MAC3-L02</i>	4.0	1245.4	1445.4	2690.8	2202.6
<i>MAC3-L03</i>	4.0	1250.0	1450.0	2700.0	2208.3
<i>MAC3-L04</i>	4.5	1249.0	1449.0	2698.0	2207.2
<i>MAC3-L05</i>	4.5	1245.6	1445.6	2691.2	2200.0
<i>MAC3-L06</i>	4.5	1247.2	1447.2	2694.4	2204.0
<i>MAC3-L07</i>	5.0	1248.1	1448.1	2696.2	2202.5
<i>MAC3-L08</i>	5.0	1242.9	1442.9	2685.8	2195.9
<i>MAC3-L09</i>	5.0	1249.1	1449.1	2698.2	2204.5
<i>MAC3-L10</i>	5.5	1247.9	1447.9	2695.8	2200.8
<i>MAC3-L11</i>	5.5	1243.5	1443.5	2687.0	2191.8
<i>MAC3-L12</i>	5.5	1246.2	1446.2	2692.4	2197.7
<i>MAC3-L13</i>	6.0	1243.2	1443.2	2686.4	2190.5
<i>MAC3-L14</i>	6.0	1247.8	1447.8	2695.6	2195.9
<i>MAC3-L15</i>	6.0	1246.1	1446.1	2692.2	2194.8
<i>MAC3-L16</i>	6.5	1247.7	1447.7	2695.4	2191.9
<i>MAC3-L17</i>	6.5	1245.1	1445.1	2690.2	2187.9
<i>MAC3-L18</i>	6.5	1250.0	1450.0	2700.0	2197.0

Fuente: Elaboración propia

Tabla 40. Resultados de ensayo de Rice - Diseño MAC-3 Lima

MTC E 508 Densidad teórica máxima de mezclas asfálticas para pavimentos (Ensayo de Rice) - Diseño MAC-3

<i>Muestra</i>	Cemento asfáltico	Volumen de la mezcla	Densidad teórica máxima de la mezcla (Lima)	Densidad teórica máxima (RICE) MAC-1
	%	cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>
<i>MAC3-L01</i>	4.0	490.7	2.546	
<i>MAC3-L02</i>	4.0	488.2	2.551	2.546
<i>MAC3-L03</i>	4.0	491.7	2.542	
<i>MAC3-L04</i>	4.5	490.8	2.545	
<i>MAC3-L05</i>	4.5	491.2	2.536	2.541
<i>MAC3-L06</i>	4.5	490.4	2.543	
<i>MAC3-L07</i>	5.0	493.7	2.528	
<i>MAC3-L08</i>	5.0	489.9	2.537	2.532
<i>MAC3-L09</i>	5.0	493.7	2.530	
<i>MAC3-L10</i>	5.5	495.0	2.521	
<i>MAC3-L11</i>	5.5	495.2	2.511	2.517
<i>MAC3-L12</i>	5.5	494.7	2.519	
<i>MAC3-L13</i>	6.0	495.9	2.507	
<i>MAC3-L14</i>	6.0	499.7	2.497	2.503
<i>MAC3-L15</i>	6.0	497.4	2.505	
<i>MAC3-L16</i>	6.5	503.5	2.478	
<i>MAC3-L17</i>	6.5	502.3	2.479	2.481
<i>MAC3-L18</i>	6.5	503.0	2.485	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 27, se presenta la curva polinómica correspondiente a los resultados de densidad teórica máxima (Rice) realizado a las muestras de mezcla asfáltica en caliente por MAC-3 ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico al llevarse a cabo a un nivel de presión atmosférico a nivel del mar en la ciudad de Lima, observando una variación de densidad teórica máxima de 2.478 a 2.551 gr/cm<sup>3</sup>.

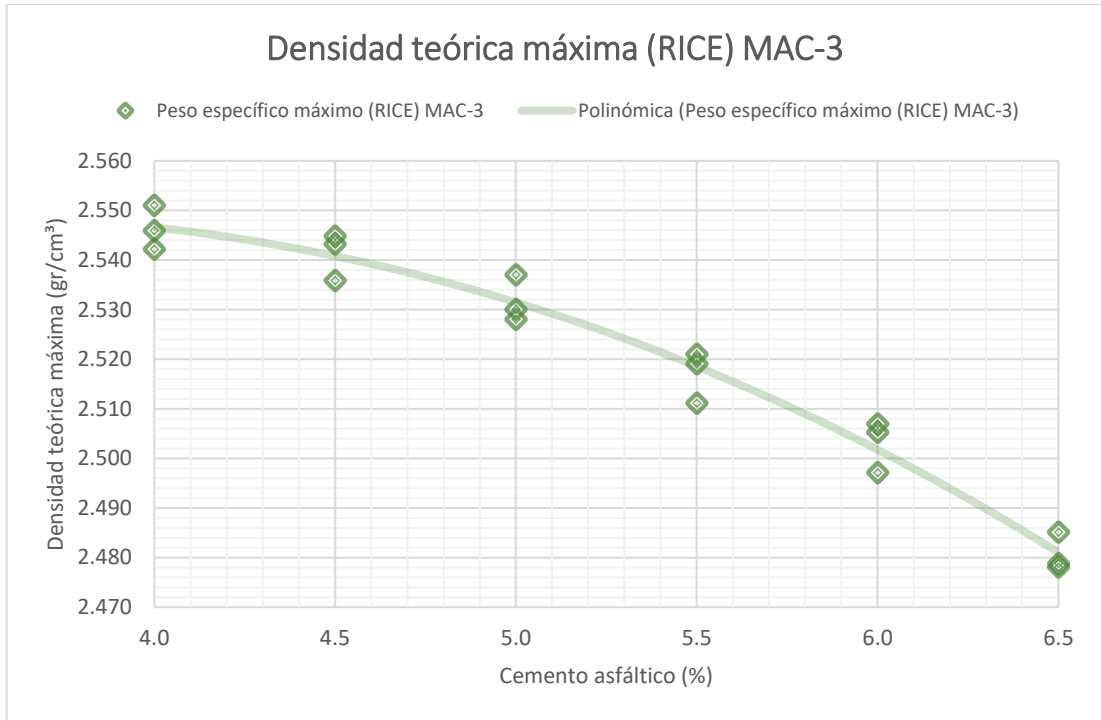


Figura 27. Gráfica de ensayo de Rice - Diseño MAC-3 Lima

Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4. Resultados resumen de Ensayo de Rice

La gráfica resumen de los resultados del ensayo de Rice para el diseño MAC-1 se presenta en la figura 28, en la que se puede observar que la tendencia de la densidad teórica máxima es más elevada en Lima llegando a alcanzar un resultado de 2.537 gr/cm<sup>3</sup> y en Villa Rica alcanzó 2.530 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que respecto a Chanchamayo se obtuvieron tendencias con valores cercanos a los de Lima, pero inferiores a este y superiores a los de Villa Rica.

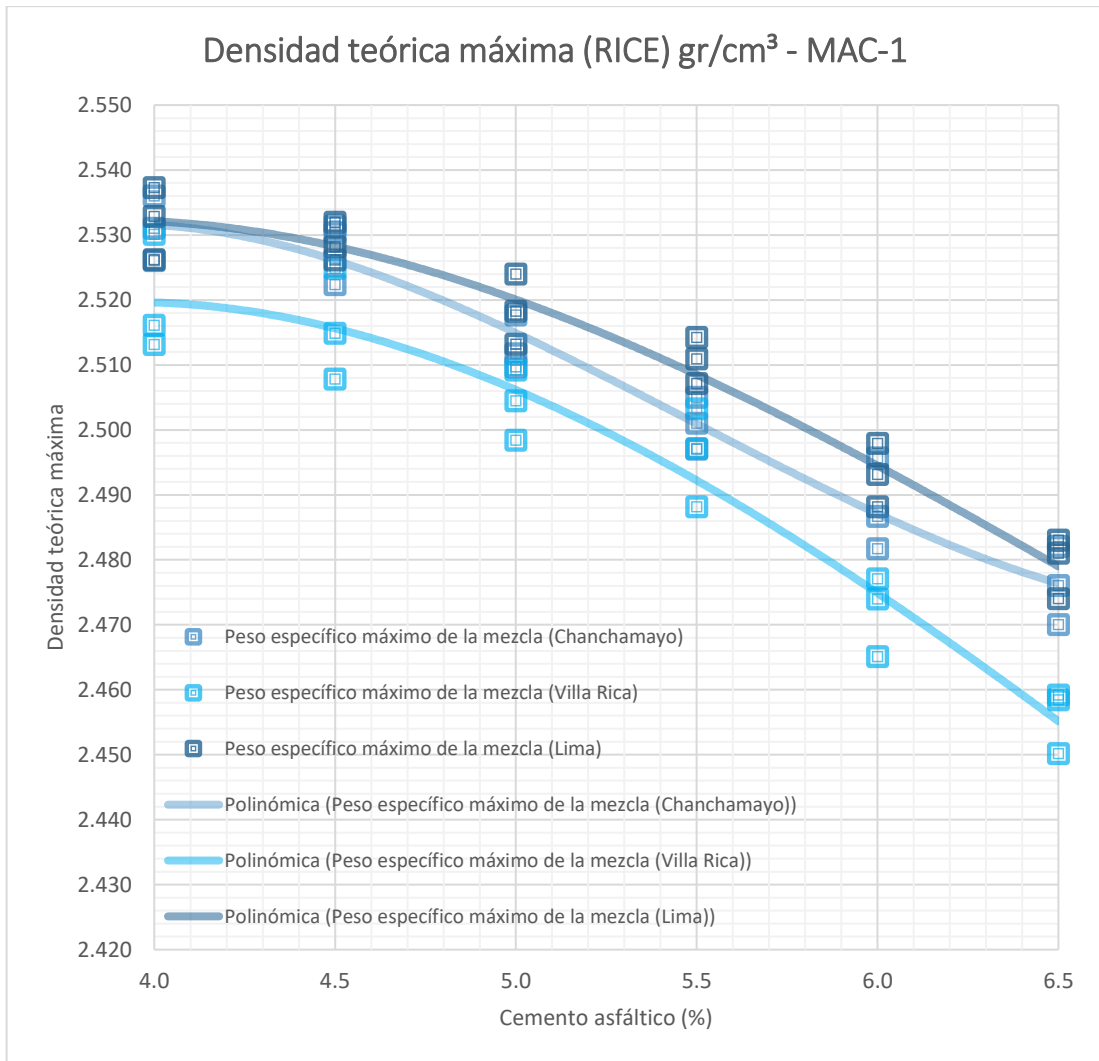


Figura 28. Gráfica resumen de densidad teórica máxima del diseño MAC-1

Fuente: Elaboración propia

La gráfica resumen de los resultados del ensayo de Rice para el diseño MAC-2 se presenta en la figura 29, en la que se puede observar que la tendencia de la densidad teórica máxima es más elevada en Lima llegando a alcanzar un resultado de 2.539 gr/cm<sup>3</sup> y en Villa Rica alcanzó 2.532 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que respecto a Chanchamayo se obtuvieron tendencias con valores cercanos a los de Lima, pero inferiores a este y superiores a los de Villa Rica.

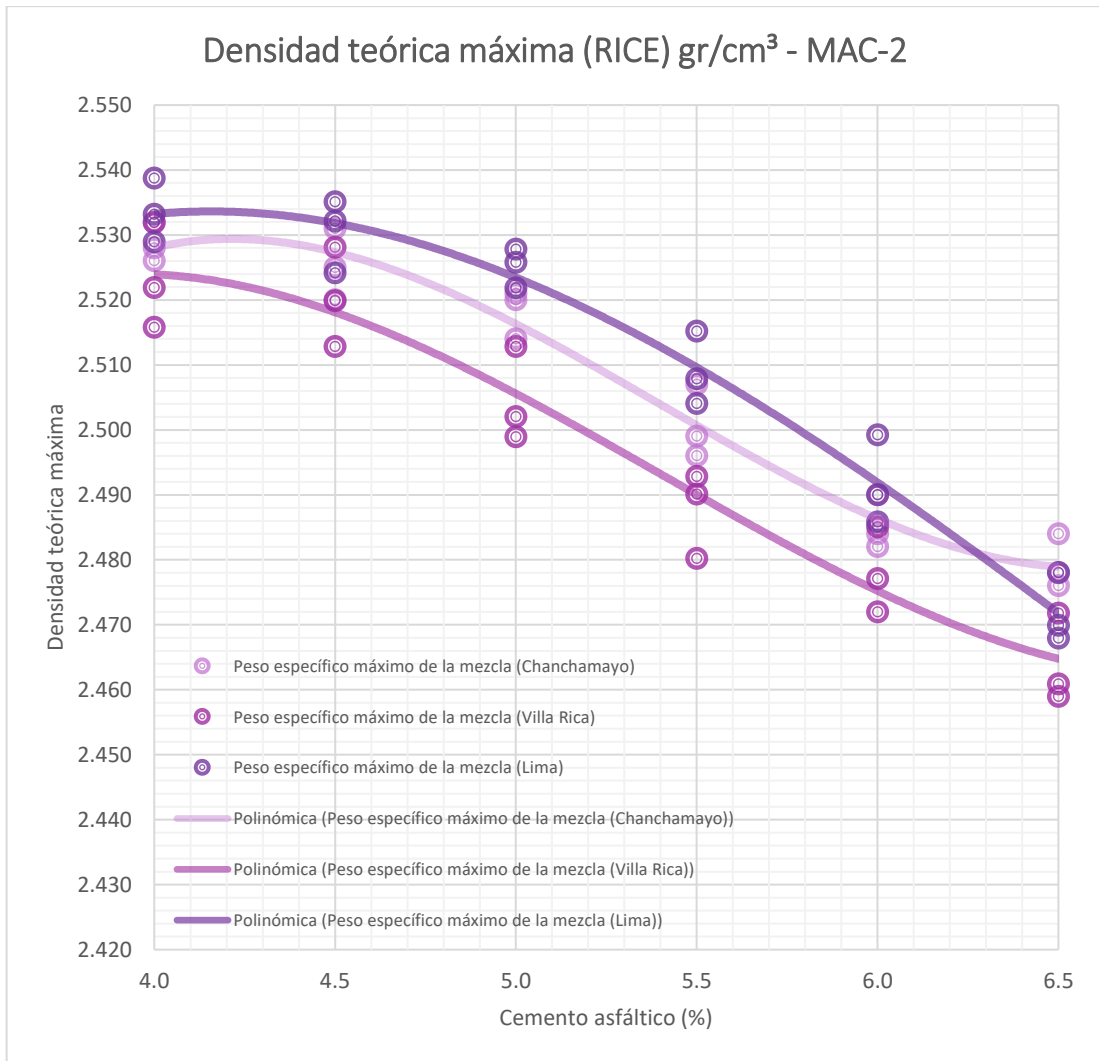


Figura 29. Gráfica resumen de densidad teórica máxima del diseño MAC-2

Fuente: Elaboración propia

La gráfica resumen de los resultados del rensayo de Rice para el diseño MAC-3 se presenta en la figura 30, en la que se puede observar que la tendencia de la densidad teórica máxima es más elevada en Lima llegando a alcanzar un resultado de 2.551 gr/cm<sup>3</sup> y en Villa Rica alcanzó 2.539 gr/cm<sup>3</sup>, mientras que respecto a Chanchamayo se obtuvieron tendencias con valores cercanos a los de Lima, pero inferiores a este y superiores a los de Villa Rica.

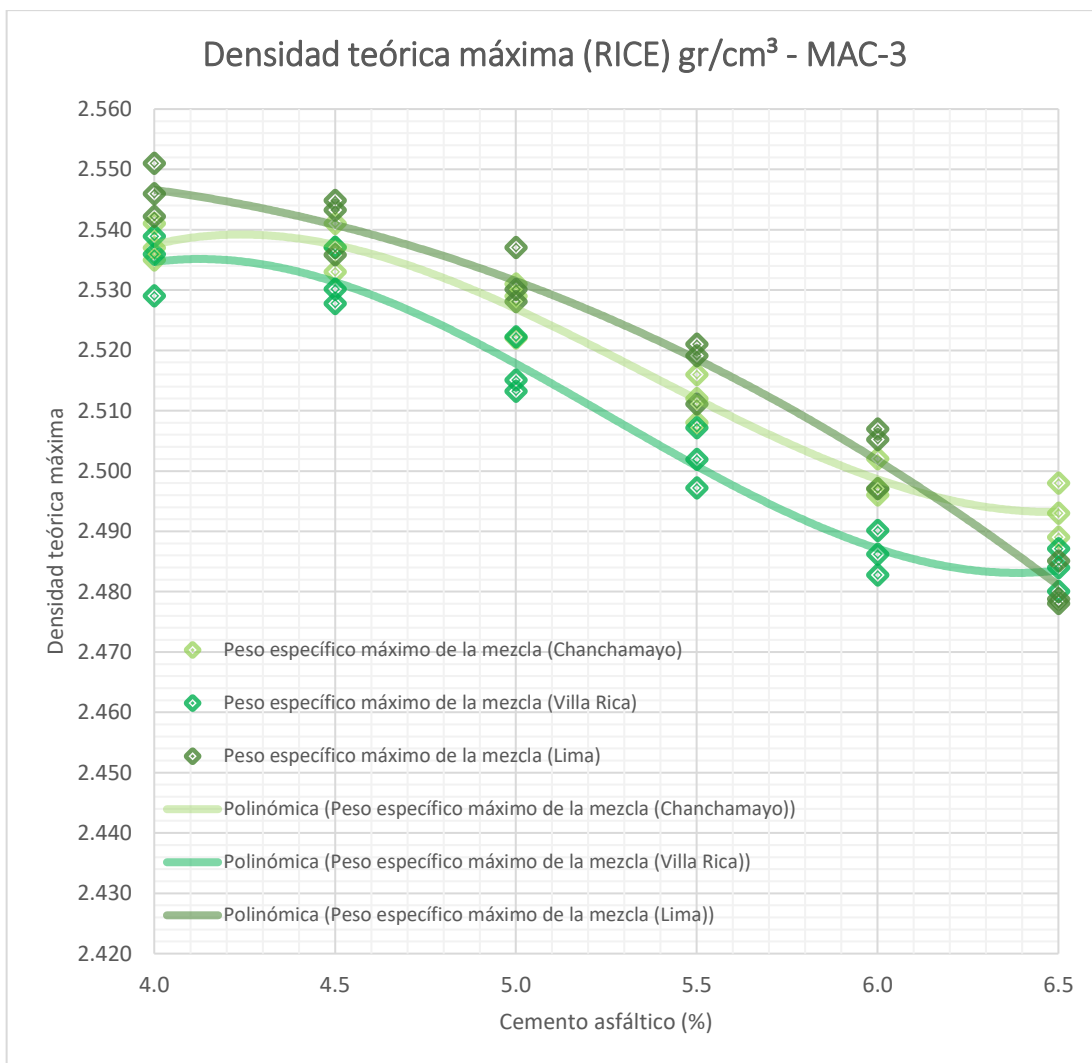


Figura 30. Gráfica resumen de densidad teórica máxima del diseño MAC-3

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4. ENSAYO DE MARSHALL

Para determinar el efecto de la presión atmosférica de la selva alta en la determinación del porcentaje óptimo de asfalto, se evaluarán las propiedades de las mezclas asfálticas diseñadas por MAC-1, MAC-2 y MAC-3 respecto a la zona donde se realizaron los ensayos de Rice, por lo que al realizar el ensayo de Marshall se emplearán los resultados de este ensayo para obtener los resultados de porcentaje de vacíos, flujo y estabilidad, y así determinar el porcentaje óptimo de asfalto en cada caso y poder analizar los resultados respecto a los diferentes niveles de presión atmosférica a los que obtuvimos los pesos específicos máximos.

#### **4.4.1. Propiedades mecánicas (Rice en Chanchamayo)**

##### **4.4.1.1. Propiedades mecánicas del diseño MAC-1**

En la tabla 41, se adjuntan los resultados del ensayo de Marshall realizados a las mezclas asfálticas en caliente por MAC-1, en el análisis se emplearán los resultados del ensayo de Rice (la densidad teórica máxima) para esta mezcla la cual se ensayó a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Chanchamayo.

Además, en las siguientes figuras se presentan las gráficas de cada propiedad mecánica resultante del ensayo de Marshall realizado a la mezcla asfáltica en caliente del diseño MAC-1 con los resultados del ensayo de Rice realizado en Chanchamayo, observándose las líneas polinómicas de la dispersión de resultados ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico empleado. En las gráficas las líneas rojas entre punteadas representan el porcentaje óptimo de asfalto, el óptimo se encontró para el porcentaje de asfalto con el que se obtiene el 4% de vacíos en la mezcla y así verificar que las propiedades cumplan con las especificaciones mínimas y máximas del diseño por Marshall.

Tabla 41. Propiedades mecánicas para Diseño MAC-1 Chanchamayo

N°	BRIQUETAS	N°	B-C1	B-C2	B-C3	B-C4	B-C5	B-C6	B-C7	B-C8	B-C9	B-C10	B-C11	B-C12	B-C13	B-C14	B-C15	B-C16	B-C17	B-C18
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.50	4.50	4.50	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
2	Peso de la briqueta al aire	gr	1247.6	1247.2	1244.3	1249.7	1247.9	1246.3	1247.1	1249.5	1246.8	1244.5	1245.0	1250.5	1248.5	1244.7	1250.9	1246.9	1247.9	1247.8
3	Peso de la briqueta saturada	gr	1252.7	1254.0	1249.1	1257.3	1253.1	1255.1	1257.6	1254.8	1253.5	1252.0	1255.5	1260.4	1254.6	1253.0	1256.6	1257.1	1255.9	1257.4
4	Peso de la briqueta en agua	gr	732.3	732.2	731.0	737.5	735.5	736.3	738.5	736.4	736.8	737.1	738.9	740.5	734.8	737.0	738.2	736.2	737.3	736.4
5	Volumen de briqueta + parafina	cm³	520.4	521.8	518.1	519.8	517.6	518.8	519.1	518.4	516.7	514.9	516.6	519.9	519.8	516.0	518.4	520.9	518.6	521.0
6	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cm³	2.397	2.390	2.402	2.404	2.411	2.402	2.402	2.410	2.413	2.417	2.410	2.405	2.402	2.412	2.413	2.394	2.406	2.395
7	Densidad teórica máxima (MTC E-508)	gr/cm³	2.531	2.531	2.531	2.528	2.528	2.528	2.513	2.513	2.513	2.501	2.501	2.501	2.488	2.488	2.488	2.476	2.476	2.476
8	Vacíos	%	5.28	5.56	5.11	4.90	4.63	4.97	4.40	4.09	3.98	3.36	3.64	3.83	3.46	3.05	3.01	3.32	2.82	3.27
9	Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm³	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695
10	Vacíos de agregados mineral	%	14.6	14.9	14.5	14.8	14.6	14.9	15.3	15.1	15.0	15.3	15.5	15.7	16.2	15.9	15.9	17.0	16.5	16.9
11	Vacíos llenos con cemento asfáltico	%	63.9	62.6	64.7	67.0	68.2	66.6	71.3	72.8	73.4	78.0	76.5	75.6	78.7	80.8	81.0	80.4	83.0	80.7
12	Peso específico del agregado total	gr/cm³	2.699	2.699	2.699	2.719	2.719	2.719	2.725	2.725	2.725	2.734	2.734	2.734	2.742	2.742	2.742	2.752	2.752	2.752
13	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	0.053	0.053	0.053	0.330	0.330	0.330	0.408	0.408	0.408	0.535	0.535	0.535	0.645	0.645	0.645	0.770	0.770	0.770
14	Cemento asfáltico efectivo	%	3.95	3.95	3.95	4.19	4.19	4.19	4.62	4.62	4.62	5.00	5.00	5.00	5.40	5.40	5.40	5.79	5.79	5.79
15	Flujo	mm	1.12	1.21	1.46	1.42	1.83	1.91	2.25	2.57	2.48	3.08	3.45	3.29	3.90	3.58	3.65	3.89	4.26	3.78
16	Estabilidad sin corregir	kg	813.8	778.5	788.1	884.4	852.2	878.4	919.3	935.7	956.5	987.6	1010.6	1022.7	1010.4	979.4	972.2	961.9	955.7	928.1
17	Factor de estabilidad	---	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
18	Estabilidad corregida	kg	814	779	788	884	852	878	919	936	957	988	1011	1023	1010	979	972	962	956	928
19	Estabilidad - Flujo	kg/cm	7266	6434	5398	6228	4657	4599	4086	3641	3857	3206	2929	3109	2591	2736	2664	2473	2243	2455
19	Compactación, numero de golpes por cara	---	75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes		

Fuente: Elaboración propia



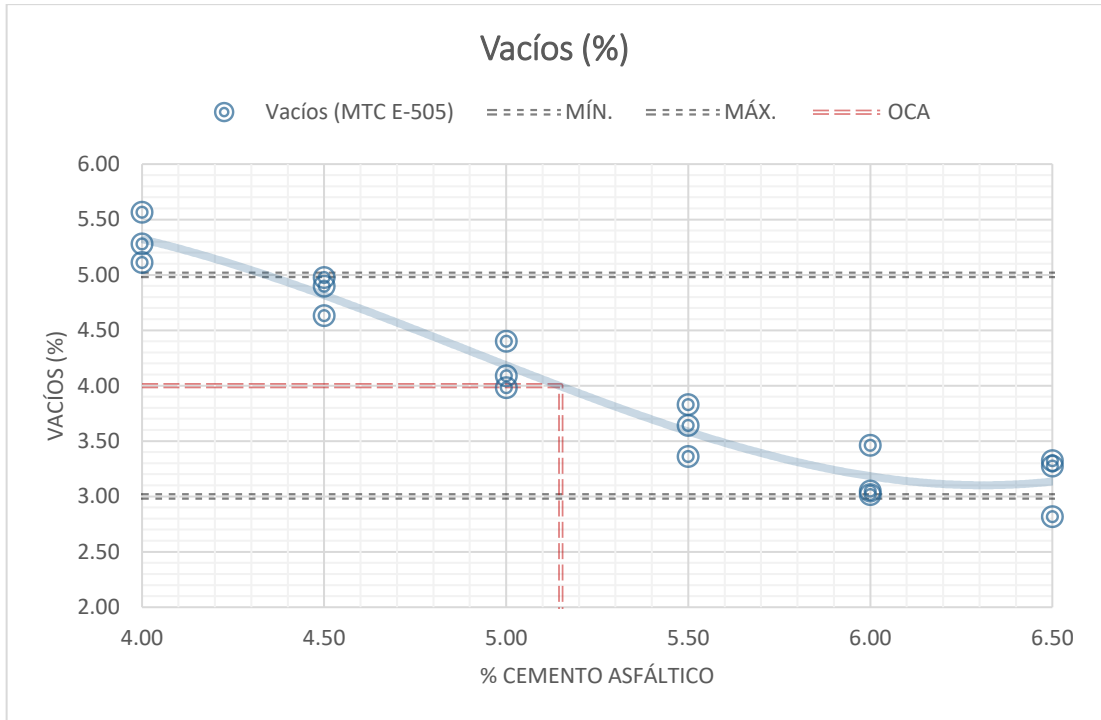


Figura 31. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-1 Chanchamayo  
 Fuente: Elaboración propia

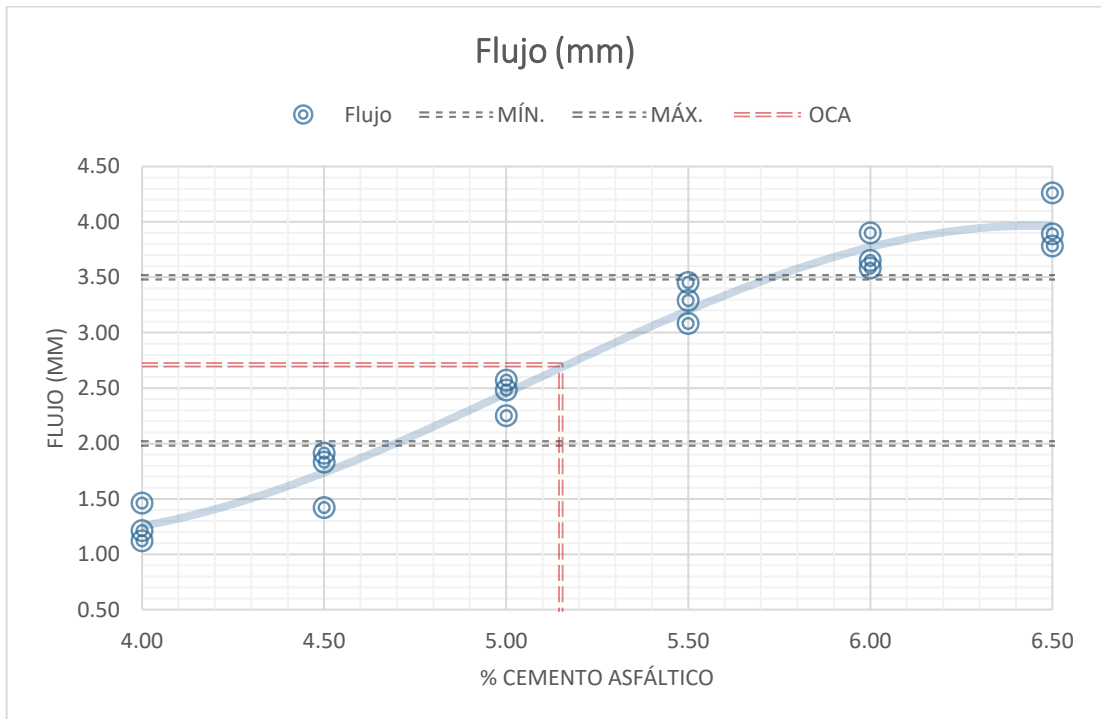


Figura 32. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-1 Chanchamayo  
 Fuente: Elaboración propia

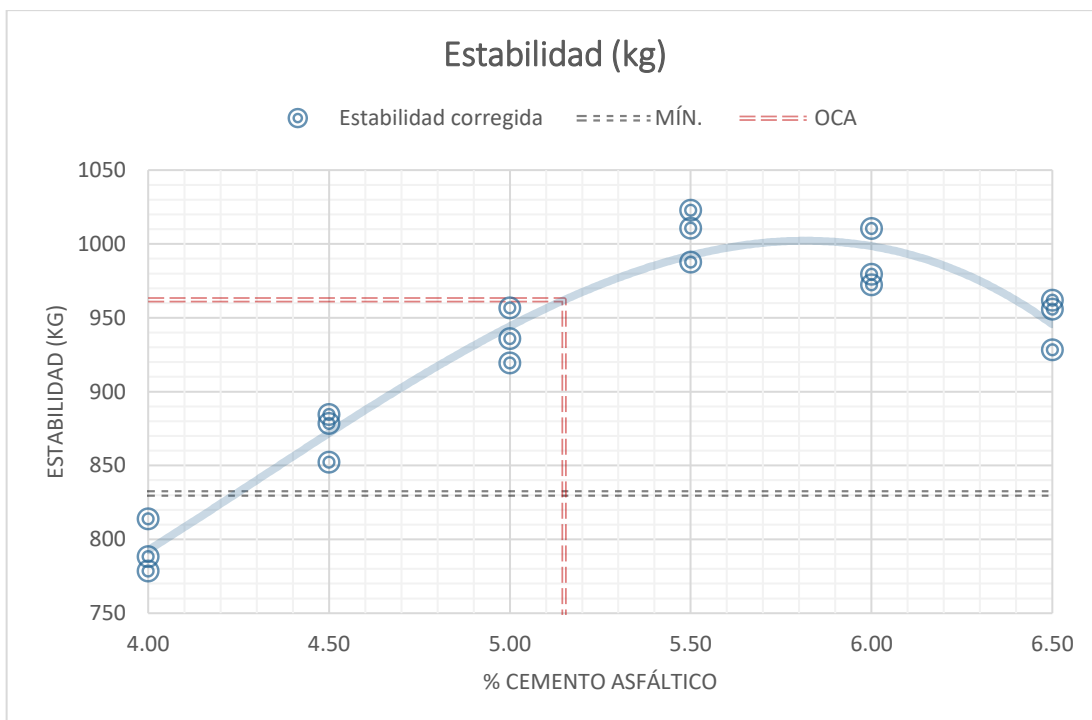


Figura 33. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-1 Chanchamayo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 42, se presentan los resultados de las propiedades mecánicas al óptimo contenido de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica en caliente diseñada por MAC-1 al emplear los resultados del ensayo de Rice (la densidad teórica máxima) de Chanchamayo.

Tabla 42. Óptimo contenido de asfalto (5.15%) Diseño MAC-1 Chanchamayo

Óptimo contenido de asfalto		
Cemento asfáltico	5.15	%
<i>Peso unitario</i>	2.411	gr/cm <sup>3</sup>
<i>Vacíos</i>	4.00	%
<i>Vacíos de agregado mineral</i>	15.18	%
<i>Vacíos llenos con cemento asfáltico</i>	73.64	%
<i>Flujo</i>	2.71	mm
<i>Estabilidad</i>	962.2	kg

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.1.2. Propiedades mecánicas del diseño MAC-2

En la tabla 43, se adjuntan los resultados del ensayo de Marshall realizados a las mezclas asfálticas en caliente por MAC-2, en el análisis se emplearán los resultados del ensayo de Rice (la densidad teórica máxima) para esta mezcla,

la cual se ensayó a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Chanchamayo.

Además, en las siguientes figuras se presentan las gráficas de cada propiedad mecánica resultante del ensayo de Marshall realizado a la mezcla asfáltica en caliente del diseño MAC-2 con los resultados del ensayo de Rice realizado en Chanchamayo, observándose las líneas polinómicas de la dispersión de resultados ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico empleado. En las gráficas las líneas rojas entre punteadas representan el porcentaje óptimo de asfalto, el óptimo se encontró para el porcentaje de asfalto con el que se obtiene el 4% de vacíos en la mezcla y así verificar que las propiedades cumplan con las especificaciones mínimas y máximas del diseño por Marshall.

Tabla 43. Propiedades mecánicas para Diseño MAC-2 Chanchamayo

N°	BRIQUETAS	N°	B-C19	B-C20	B-C21	B-C22	B-C23	B-C24	B-C25	B-C26	B-C27	B-C28	B-C29	B-C30	B-C31	B-C32	B-C33	B-C34	B-C35	B-C36
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.50	4.50	4.50	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
2	Peso de la briqueta al aire	gr	1246.0	1244.2	1250.8	1248.6	1244.3	1245.3	1249.2	1250.5	1245.6	1248.0	1251.0	1244.1	1244.0	1250.0	1249.9	1248.5	1248.5	1248.6
3	Peso de la briqueta saturada	gr	1253.3	1249.0	1257.0	1253.9	1250.6	1254.4	1256.4	1256.9	1253.9	1256.8	1260.7	1253.9	1249.2	1260.3	1258.6	1259.0	1256.3	1256.8
4	Peso de la briqueta en agua	gr	734.5	732.8	735.1	733.2	733.8	737.9	739.4	738.8	735.4	737.9	739.2	738.3	733.1	739.9	737.5	740.1	740.3	739.8
5	Volumen de briqueta + parafina	cm³	518.8	516.2	521.9	520.7	516.8	516.5	517.0	518.1	518.5	518.9	521.5	515.6	516.1	520.4	521.1	518.9	516.0	517.0
6	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cm³	2.402	2.410	2.397	2.398	2.408	2.411	2.416	2.414	2.402	2.405	2.399	2.413	2.410	2.402	2.399	2.406	2.420	2.415
7	Densidad teórica máxima (MTC E-508)	gr/cm³	2.529	2.529	2.529	2.525	2.525	2.525	2.518	2.518	2.518	2.501	2.501	2.501	2.485	2.485	2.485	2.479	2.479	2.479
8	Vacíos	%	5.02	4.68	5.22	5.05	4.66	4.53	4.05	4.16	4.61	3.82	4.07	3.51	3.02	3.35	3.49	2.96	2.41	2.59
9	Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm³	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699
10	Vacíos de agregados mineral	%	14.6	14.3	14.7	15.1	14.8	14.7	14.9	15.0	15.4	15.8	16.0	15.5	16.0	16.3	16.5	16.6	16.2	16.3
11	Vacíos llenos con cemento asfáltico	%	65.5	67.2	64.6	66.7	68.5	69.2	72.9	72.3	70.1	75.8	74.5	77.4	81.2	79.5	78.8	82.2	85.1	84.1
12	Peso específico del agregado total	gr/cm³	2.696	2.696	2.696	2.716	2.716	2.716	2.732	2.732	2.732	2.734	2.734	2.734	2.739	2.739	2.739	2.756	2.756	2.756
13	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	-0.029	-0.029	-0.029	0.242	0.242	0.242	0.454	0.454	0.454	0.486	0.486	0.486	0.554	0.554	0.554	0.785	0.785	0.785
14	Cemento asfáltico efectivo	%	4.03	4.03	4.03	4.27	4.27	4.27	4.57	4.57	4.57	5.05	5.05	5.05	5.48	5.48	5.48	5.77	5.77	5.77
15	Flujo	mm	1.50	1.78	1.37	1.64	1.87	2.11	2.14	2.30	2.68	2.88	2.96	3.35	3.94	3.52	3.65	4.41	4.30	3.95
16	Estabilidad sin corregir	kg	810.7	777.2	783.9	809.8	830.9	846.5	890.2	921.8	913.1	954.7	979.0	996.0	996.8	987.0	1029.8	1017.9	1041.1	992.3
17	Factor de estabilidad	---	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
18	Estabilidad corregida	kg	811	777	784	810	831	847	890	922	913	955	979	996	997	987	1030	1018	1041	992
19	Estabilidad - Flujo	kg/cm	5405	4366	5722	4938	4443	4012	4160	4008	3407	3315	3307	2973	2530	2804	2821	2308	2421	2512
19	Compactación, numero de golpes por cara	---	75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes		

Fuente: Elaboración propia

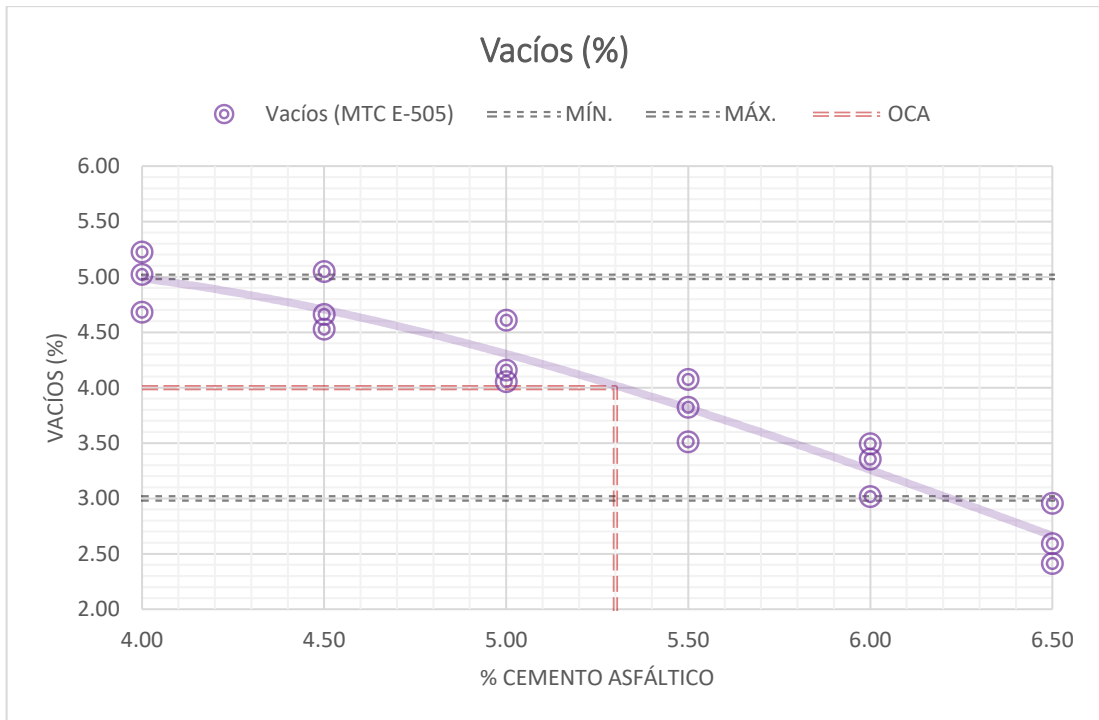


Figura 34. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-2 Chanchamayo  
 Fuente: Elaboración propia

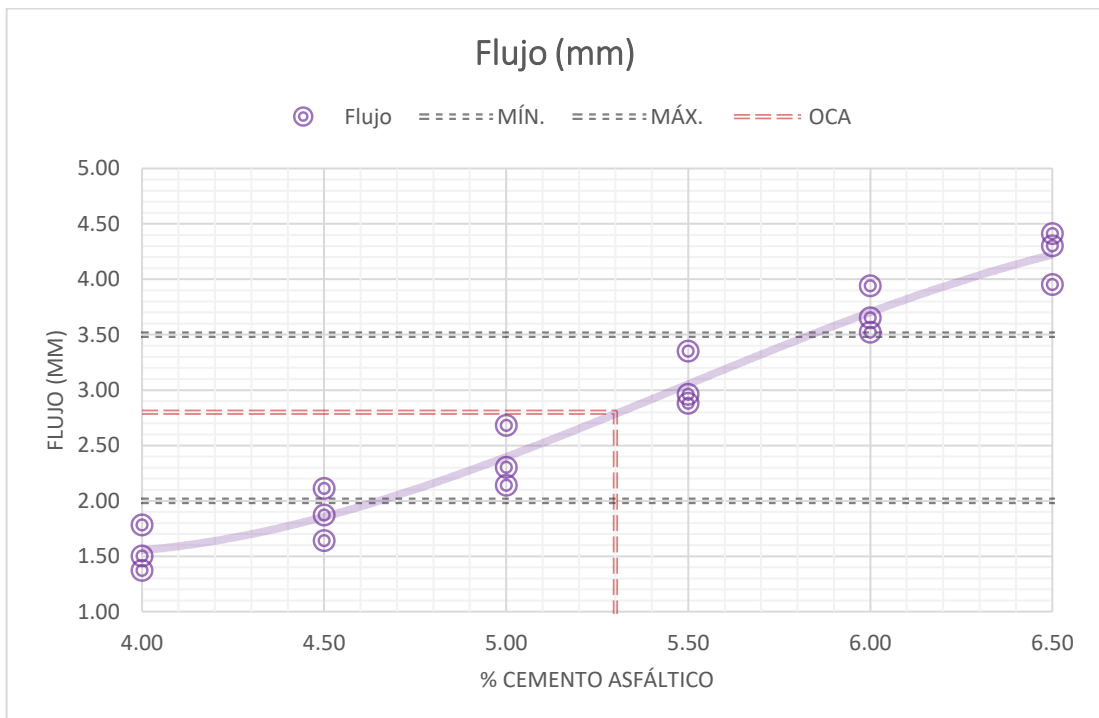


Figura 35. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-2 Chanchamayo  
 Fuente: Elaboración propia

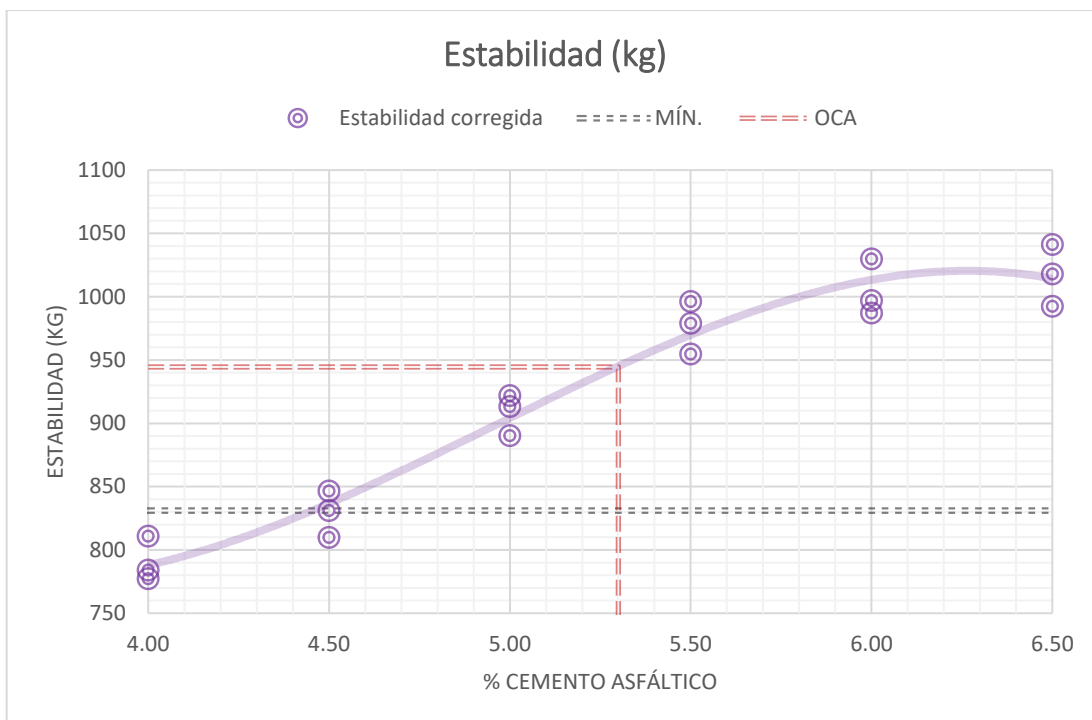


Figura 36. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-2 Chanchamayo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 44, se presentan los resultados de las propiedades mecánicas al óptimo contenido de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica en caliente diseñada por MAC-2 al emplear los resultados del ensayo de Rice (la densidad teórica máxima) de Chanchamayo.

Tabla 44. Óptimo contenido de asfalto (5.30%) Diseño MAC-2 Chanchamayo

Óptimo contenido de asfalto		
Cemento asfáltico	5.30	%
<i>Peso unitario</i>	2.406	gr/cm <sup>3</sup>
<i>Vacíos</i>	4.00	%
<i>Vacíos de agregado mineral</i>	15.56	%
<i>Vacíos llenos con cemento asfáltico</i>	73.94	%
<i>Flujo</i>	2.80	mm
<i>Estabilidad</i>	944.5	kg

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.1.1. Propiedades mecánicas del diseño MAC-3

En la tabla 45, se adjuntan los resultados del ensayo de Marshall realizados a las mezclas asfálticas en caliente por MAC-3, en el análisis se emplearán los resultados del ensayo de Rice (la densidad teórica máxima) para esta mezcla,

la cual se ensayó a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Chanchamayo.

Además, en las siguientes figuras, se presentan las gráficas de cada propiedad mecánica resultante del ensayo de Marshall realizado a la mezcla asfáltica en caliente del diseño MAC-3 con los resultados del ensayo de Rice realizado en Chanchamayo, observándose las líneas polinómicas de la dispersión de resultados ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico empleado. En las gráficas las líneas rojas entre punteadas representan el porcentaje óptimo de asfalto, el óptimo se encontró para el porcentaje de asfalto con el que se obtiene el 4% de vacíos en la mezcla y así verificar que las propiedades cumplan con las especificaciones mínimas y máximas del diseño por Marshall.

Tabla 45. Propiedades mecánicas para Diseño MAC-3 Chanchamayo

N°	BRIQUETAS	N°	B-C37	B-C38	B-C39	B-C40	B-C41	B-C42	B-C43	B-C44	B-C45	B-C46	B-C47	B-C48	B-C49	B-C50	B-C51	B-C52	B-C53	B-C54
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.50	4.50	4.50	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
2	Peso de la briqueta al aire	gr	1245.8	1250.0	1246.6	1247.2	1249.1	1250.4	1248.5	1246.8	1249.0	1246.1	1246.7	1248.8	1250.6	1248.4	1244.9	1247.4	1244.6	1249.9
3	Peso de la briqueta saturada	gr	1250.8	1256.2	1254.6	1253.9	1257.8	1254.9	1254.8	1252.4	1257.4	1251.9	1253.7	1255.1	1258.7	1253.1	1251.8	1256.1	1254.4	1259.3
4	Peso de la briqueta en agua	gr	734.0	734.8	735.2	736.8	738.8	737.9	736.7	738.4	741.6	734.4	738.2	738.5	738.3	734.9	736.7	740.1	740.5	739.4
5	Volumen de briqueta + parafina	cm³	516.8	521.4	519.4	517.1	519.0	517.0	518.1	514.0	515.8	517.5	515.5	516.6	520.4	518.2	515.1	516.0	513.9	519.9
6	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cm³	2.411	2.397	2.400	2.412	2.407	2.419	2.410	2.426	2.421	2.408	2.418	2.417	2.403	2.409	2.417	2.417	2.422	2.404
7	Densidad teórica máxima (MTC E-508)	gr/cm³	2.538	2.538	2.538	2.537	2.537	2.537	2.527	2.527	2.527	2.512	2.512	2.512	2.498	2.498	2.498	2.493	2.493	2.493
8	Vacíos	%	5.01	5.53	5.42	4.93	5.13	4.67	4.65	4.02	4.19	4.14	3.72	3.77	3.81	3.57	3.26	3.04	2.87	3.58
9	Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm³	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706
10	Vacíos de agregados mineral	%	14.5	15.0	14.9	14.9	15.1	14.6	15.4	14.8	15.0	15.9	15.5	15.6	16.5	16.3	16.0	16.5	16.3	16.9
11	Vacíos llenos con cemento asfáltico	%	65.4	63.0	63.5	66.9	65.9	68.1	69.8	72.9	72.1	74.0	76.0	75.8	76.9	78.1	79.7	81.5	82.4	78.9
12	Peso específico del agregado total	gr/cm³	2.707	2.707	2.707	2.730	2.730	2.730	2.743	2.743	2.743	2.748	2.748	2.748	2.756	2.756	2.756	2.775	2.775	2.775
13	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	0.015	0.015	0.015	0.332	0.332	0.332	0.502	0.502	0.502	0.576	0.576	0.576	0.677	0.677	0.677	0.928	0.928	0.928
14	Cemento asfáltico efectivo	%	3.99	3.99	3.99	4.19	4.19	4.19	4.53	4.53	4.53	4.96	4.96	4.96	5.37	5.37	5.37	5.64	5.64	5.64
15	Flujo	mm	1.58	1.51	1.96	1.95	2.29	2.50	2.61	2.80	3.11	3.42	3.26	3.77	4.04	4.30	3.95	4.60	4.92	5.03
16	Estabilidad sin corregir	kg	689.7	715.3	707.2	739.7	744.5	772.5	828.9	788.3	800.2	875.7	840.9	857.8	878.1	888.9	908.7	898.2	916.7	877.7
17	Factor de estabilidad	---	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
18	Estabilidad corregida	kg	690	715	707	740	745	773	829	788	800	876	841	858	878	889	909	898	917	878
19	Estabilidad - Flujo	kg/cm	4365	4737	3608	3793	3251	3090	3176	2815	2573	2561	2579	2275	2174	2067	2301	1953	1863	1745
19	Compactación, numero de golpes por cara	---	75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes		

Fuente: Elaboración propia



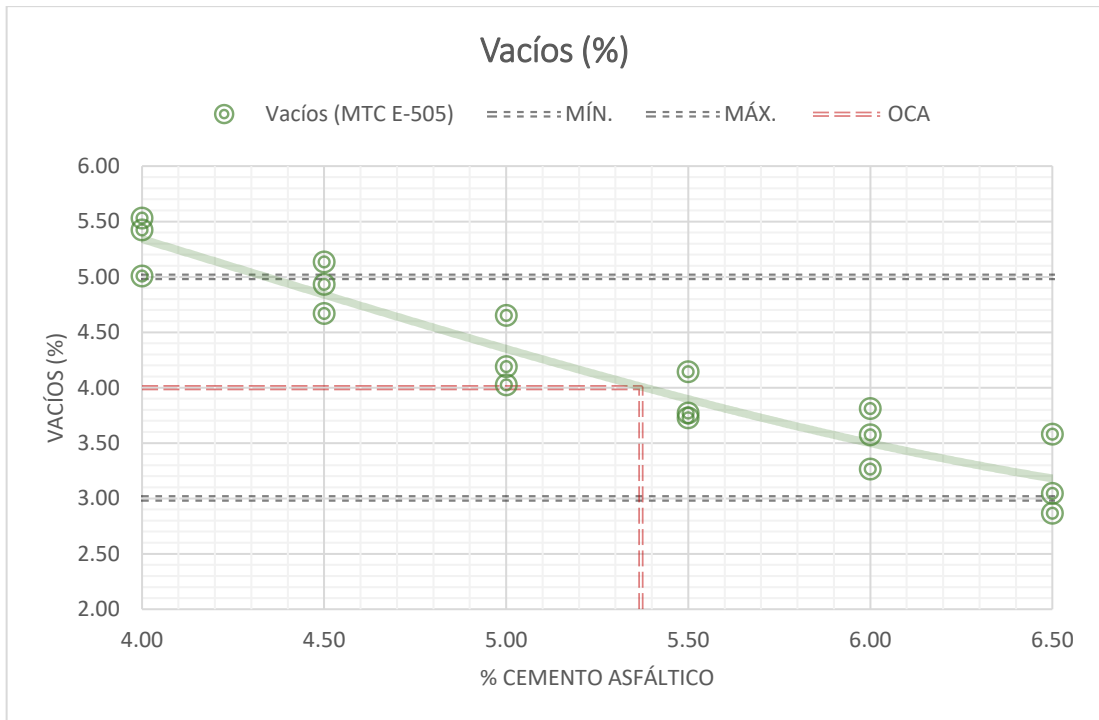


Figura 37. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-3 Chanchamayo  
Fuente: Elaboración propia

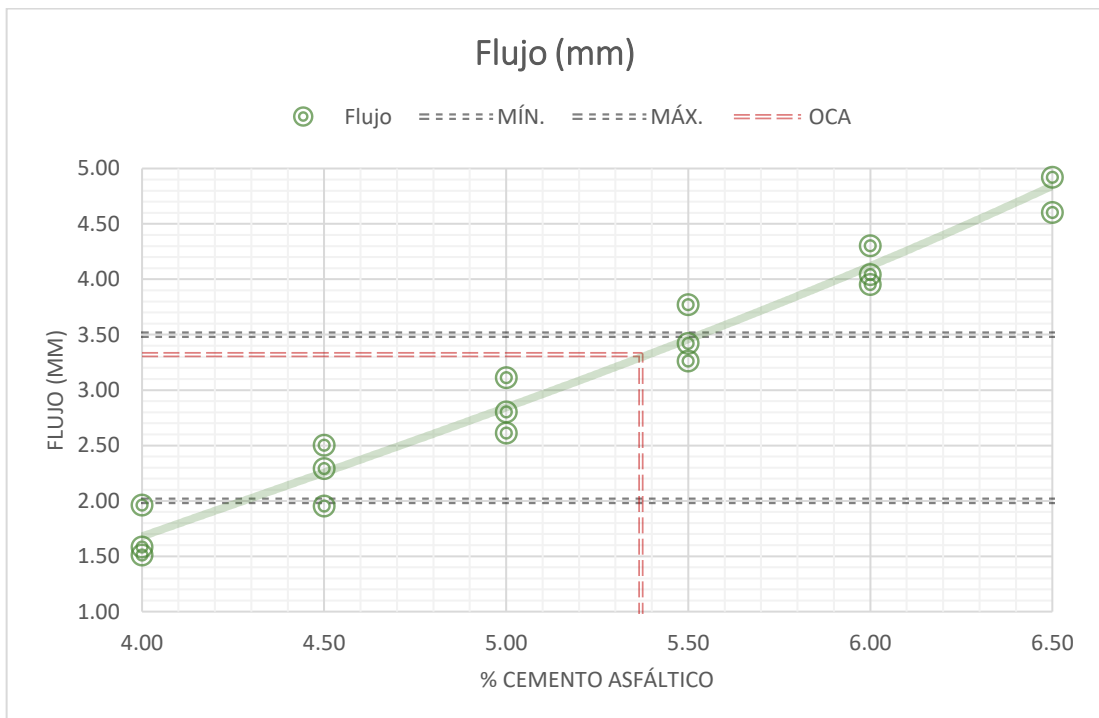


Figura 38. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-3 Chanchamayo  
Fuente: Elaboración propia

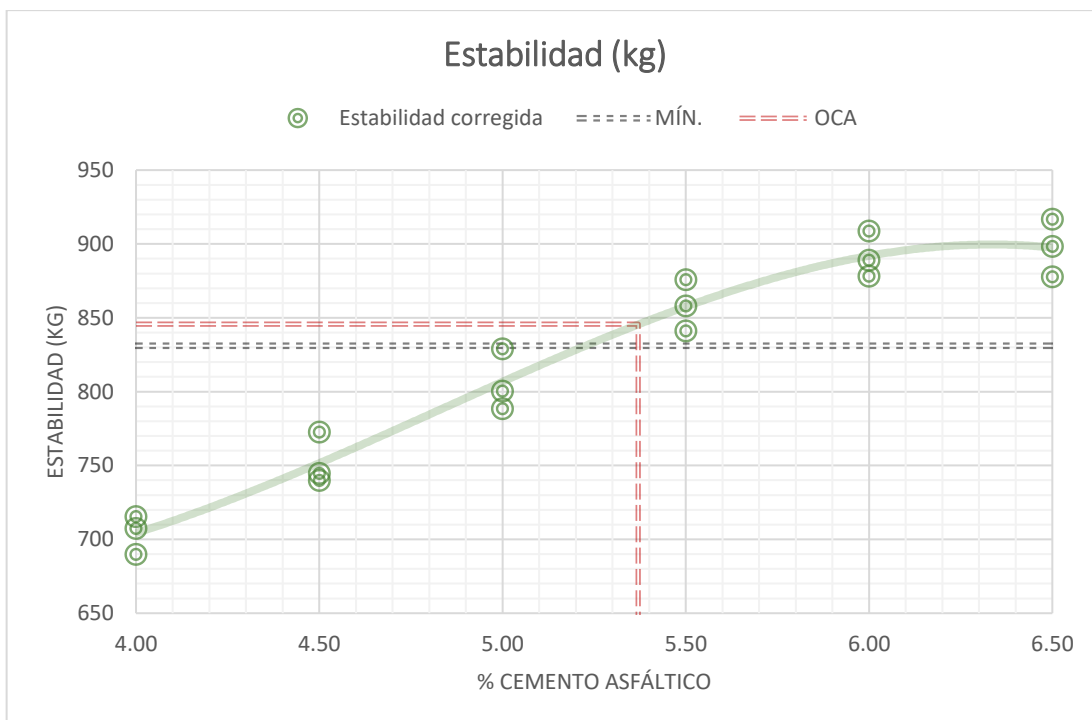


Figura 39. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-3 Chanchamayo

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 46, se presentan los resultados de las propiedades mecánicas al óptimo contenido de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica en caliente diseñada por MAC-3 al emplear los resultados del ensayo de Rice (la densidad teórica máxima) de Chanchamayo.

Tabla 46. Óptimo contenido de asfalto (5.37%) Diseño MAC-3 Chanchamayo

Óptimo contenido de asfalto		
Cemento asfáltico	5.37	%
<i>Peso unitario</i>	2.415	gr/cm <sup>3</sup>
<i>Vacíos</i>	4.00	%
<i>Vacíos de agregado mineral</i>	15.57	%
<i>Vacíos llenos con cemento asfáltico</i>	74.20	%
<i>Flujo</i>	3.32	mm
<i>Estabilidad</i>	845.7	kg

Fuente: Elaboración propia

#### **4.4.2. Propiedades mecánicas (Rice en Villa Rica)**

##### **4.4.2.1. Propiedades mecánicas del diseño MAC-1**

En la tabla 47, se adjuntan los resultados del ensayo de Marshall realizados a las mezclas asfálticas en caliente por MAC-1, en el análisis se emplearán los resultados del ensayo de Rice (la densidad teórica máxima) para esta mezcla la cual se ensayó a nivel de presión atmosférica de la selva alta en Villa Rica.

Además, en las siguientes figuras, se presentan las gráficas de cada propiedad mecánica resultante del ensayo de Marshall realizado a la mezcla asfáltica en caliente del diseño MAC-1 con los resultados del ensayo de Rice realizado en Villa Rica, observándose las líneas polinómicas de la dispersión de resultados ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico empleado. En las gráficas las líneas rojas entre punteadas representan el porcentaje óptimo de asfalto, el óptimo se encontró para el porcentaje de asfalto con el que se obtiene el 4% de vacíos en la mezcla y así verificar que las propiedades cumplan con las especificaciones mínimas y máximas del diseño por Marshall.

Tabla 47. Propiedades mecánicas para Diseño MAC-1 Villa Rica

N°	BRIQUETAS	N°	B-V1	B-V2	B-V3	B-V4	B-V5	B-V6	B-V7	B-V8	B-V9	B-V10	B-V11	B-V12	B-V13	B-V14	B-V15	B-V16	B-V17	B-V18
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.50	4.50	4.50	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
2	Peso de la briqueta al aire	gr	1245.2	1247.9	1247.4	1248.2	1248.3	1247.6	1245.8	1244.7	1249.1	1250.4	1250.3	1250.8	1247.3	1246.6	1250.9	1245.7	1249.1	1244.7
3	Peso de la briqueta saturada	gr	1251.2	1257.1	1257.4	1257.2	1256.2	1256.2	1253.7	1251.3	1255.4	1255.4	1257.1	1256.0	1254.6	1252.0	1259.7	1252.1	1257.0	1254.4
4	Peso de la briqueta en agua	gr	732.2	734.7	735.7	738.0	735.7	738.7	734.2	735.1	736.7	735.2	738.9	734.9	734.3	733.9	736.5	732.7	734.0	735.1
5	Volumen de briqueta + parafina	cm³	519.0	522.4	521.7	519.2	520.5	517.5	519.5	516.2	518.7	520.2	518.2	521.1	520.3	518.1	523.2	519.4	523.0	519.3
6	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cm³	2.399	2.389	2.391	2.404	2.398	2.411	2.398	2.411	2.408	2.404	2.413	2.400	2.397	2.406	2.391	2.398	2.388	2.397
7	Densidad teórica máxima (MTC E-508)	gr/cm³	2.520	2.520	2.520	2.516	2.516	2.516	2.504	2.504	2.504	2.496	2.496	2.496	2.472	2.472	2.472	2.456	2.456	2.456
8	Vacíos	%	4.79	5.21	5.12	4.45	4.68	4.18	4.23	3.70	3.83	3.70	3.33	3.83	3.02	2.67	3.28	2.35	2.76	2.41
9	Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm³	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695
10	Vacíos de agregados mineral	%	14.6	14.9	14.8	14.8	15.0	14.6	15.5	15.0	15.1	15.7	15.4	15.8	16.4	16.1	16.6	16.8	17.2	16.9
11	Vacíos llenos con cemento asfáltico	%	67.1	65.1	65.5	70.0	68.9	71.3	72.7	75.3	74.7	76.5	78.4	75.8	81.6	83.4	80.3	86.0	83.9	85.7
12	Peso específico del agregado total	gr/cm³	2.686	2.686	2.686	2.705	2.705	2.705	2.714	2.714	2.714	2.728	2.728	2.728	2.722	2.722	2.722	2.725	2.725	2.725
13	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	-0.129	-0.129	-0.129	0.130	0.130	0.130	0.255	0.255	0.255	0.449	0.449	0.449	0.364	0.364	0.364	0.414	0.414	0.414
14	Cemento asfáltico efectivo	%	4.12	4.12	4.12	4.38	4.38	4.38	4.76	4.76	4.76	5.08	5.08	5.08	5.66	5.66	5.66	6.12	6.12	6.12
15	Flujo	mm	1.62	1.26	1.48	2.20	1.73	1.98	2.44	2.79	2.70	2.94	3.07	3.29	3.53	3.46	3.84	3.69	3.85	4.25
16	Estabilidad sin corregir	kg	758.9	791.3	807.9	891.4	905.5	927.7	1012.6	1058.3	1018.5	1055.7	1100.6	1079.5	1081.6	1070.9	1043.4	1010.1	992.9	965.5
17	Factor de estabilidad	---	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
18	Estabilidad corregida	kg	759	791	808	891	906	928	1013	1058	1019	1056	1101	1080	1082	1071	1043	1010	993	966
19	Estabilidad - Flujo	kg/cm	4685	6280	5459	4052	5234	4685	4150	3793	3772	3591	3585	3281	3064	3095	2717	2737	2579	2272
19	Compactación, numero de golpes por cara	---	75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes		

Fuente: Elaboración propia

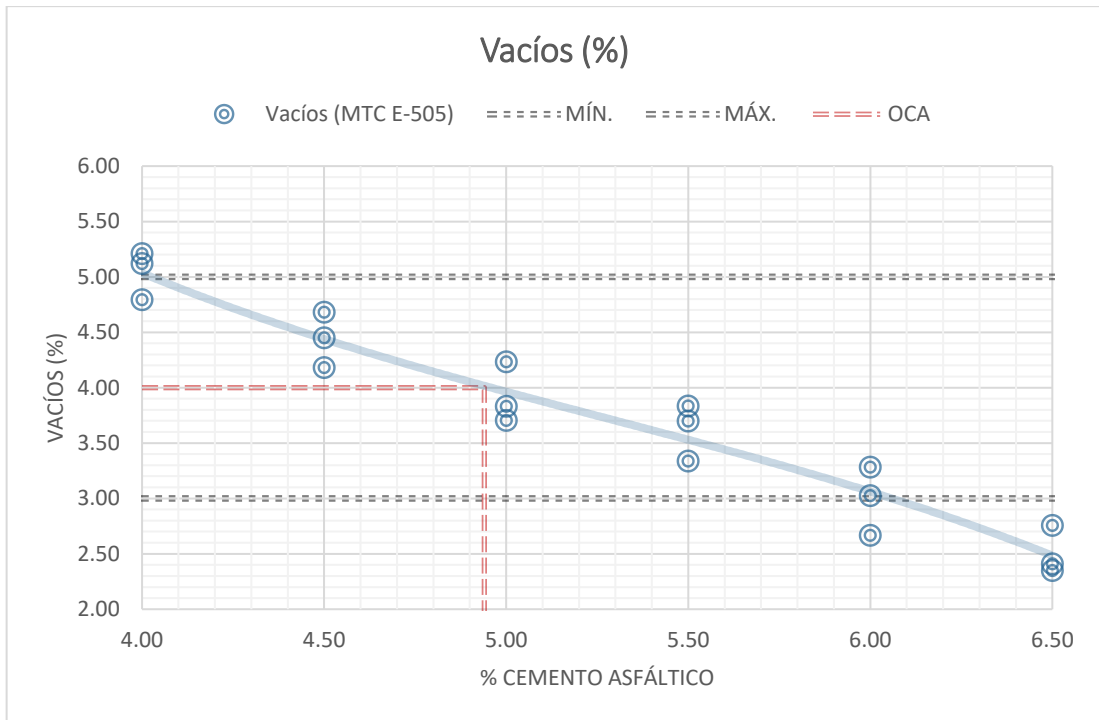


Figura 40. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-1 Villa Rica  
 Fuente: Elaboración propia

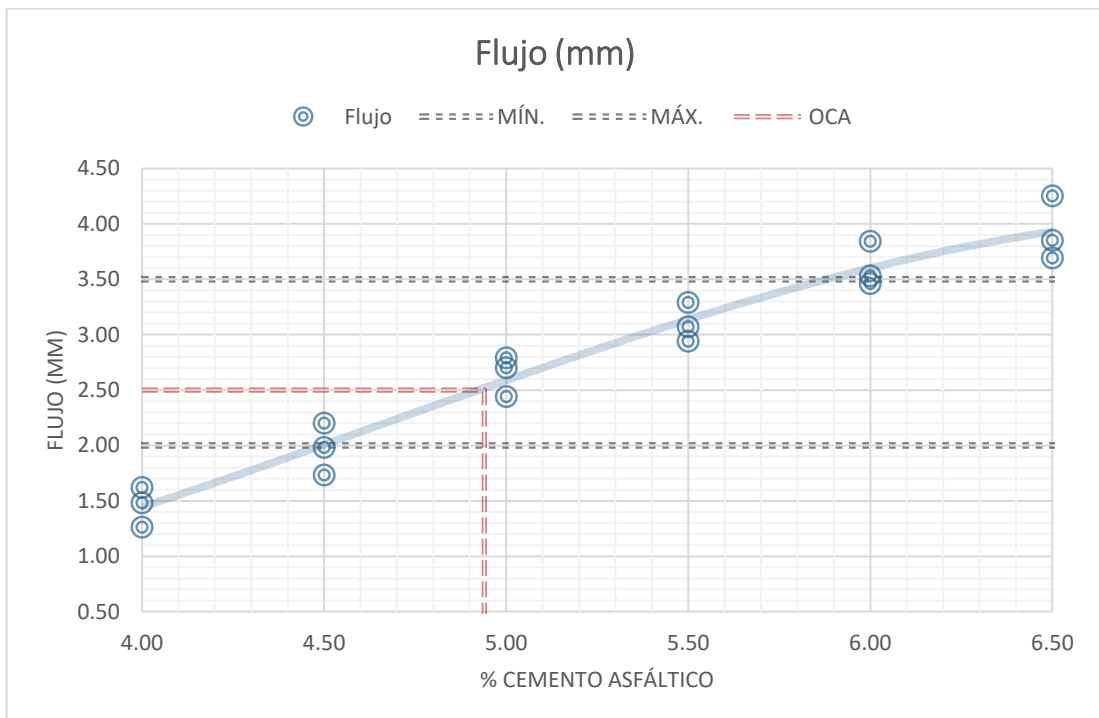


Figura 41. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-1 Villa Rica  
 Fuente: Elaboración propia

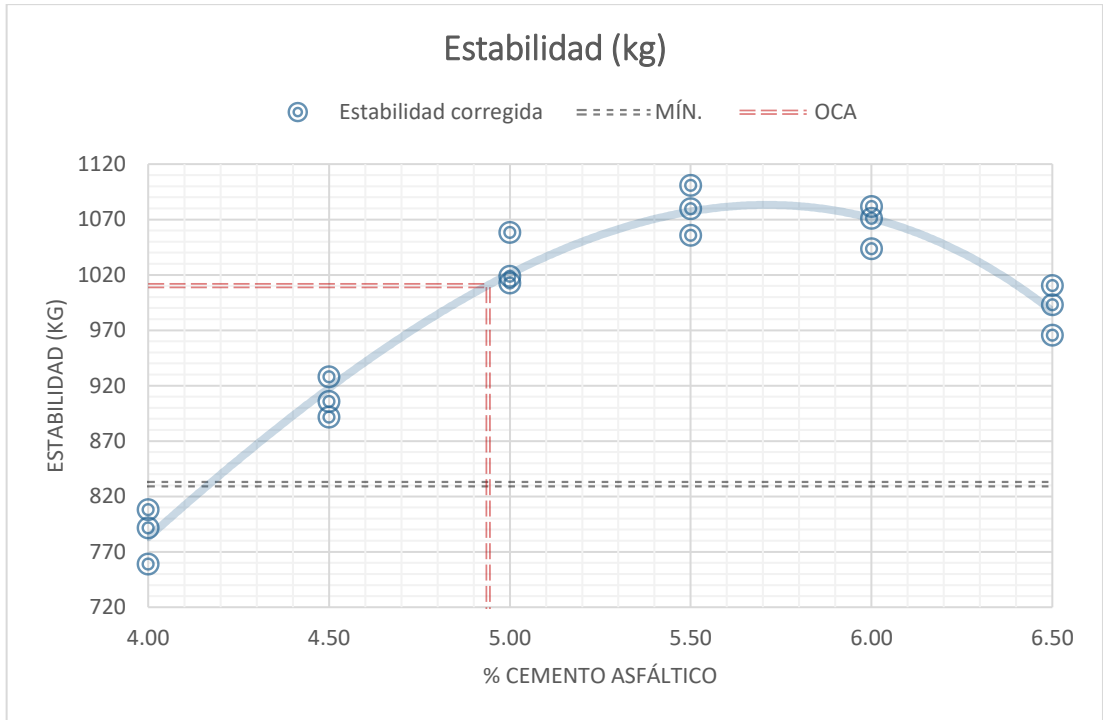


Figura 42. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-1 Villa Rica

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 48, se presentan los resultados de las propiedades mecánicas al óptimo contenido de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica en caliente diseñada por MAC-1 al emplear los resultados del ensayo de Rice (la densidad teórica máxima) de Villa Rica.

Tabla 48. Óptimo contenido de asfalto (4.94%) Diseño MAC-1 Villa Rica

Óptimo contenido de asfalto		
Cemento asfáltico	4.94	%
<i>Peso unitario</i>	2.407	gr/cm <sup>3</sup>
<i>Vacíos</i>	4.00	%
<i>Vacíos de agregado mineral</i>	15.12	%
<i>Vacíos llenos con cemento asfáltico</i>	73.41	%
<i>Flujo</i>	2.50	mm
<i>Estabilidad</i>	1010.3	kg

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.2. Propiedades mecánicas del diseño MAC-2

En la tabla 49, se adjuntan los resultados del ensayo de Marshall realizados a las mezclas asfálticas en caliente por MAC-2, en el análisis se emplearán los

resultados del ensayo de Rice (la densidad teórica máxima) para esta mezcla la cual se ensayó a nivel de presión atmosférica de la selva alta en Villa Rica. Además, en las siguientes figuras, se presentan las gráficas de cada propiedad mecánica resultante del ensayo de Marshall realizado a la mezcla asfáltica en caliente del diseño MAC-2 con los resultados del ensayo de Rice realizado en Villa Rica, observándose las líneas polinómicas de la dispersión de resultados ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico empleado. En las gráficas las líneas rojas entre punteadas representan el porcentaje óptimo de asfalto, el óptimo se encontró para el porcentaje de asfalto con el que se obtiene el 4% de vacíos en la mezcla y así verificar que las propiedades cumplan con las especificaciones mínimas y máximas del diseño por Marshall.

Tabla 49. Propiedades mecánicas para Diseño MAC-2 Villa Rica

N°	BRIQUETAS	N°	B-V19	B-V20	B-V21	B-V22	B-V23	B-V24	B-V25	B-V26	B-V27	B-V28	B-V29	B-V30	B-V31	B-V32	B-V33	B-V34	B-V35	B-V36
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.50	4.50	4.50	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
2	Peso de la briqueta al aire	gr	1245.7	1250.7	1248.3	1247.6	1245.7	1249.1	1246.3	1246.9	1245.0	1247.7	1247.0	1246.8	1247.5	1248.3	1247.4	1244.5	1247.4	1246.3
3	Peso de la briqueta saturada	gr	1256.4	1256.2	1256.5	1255.3	1253.7	1254.9	1254.5	1253.4	1252.6	1258.0	1255.9	1255.9	1253.5	1254.4	1252.1	1250.8	1255.2	1253.5
4	Peso de la briqueta en agua	gr	736.7	735.8	734.1	734.1	735.7	734.7	733.9	734.1	736.1	735.9	736.5	737.0	733.9	733.6	734.9	734.2	735.3	734.4
5	Volumen de briqueta + parafina	cm³	519.7	520.4	522.4	521.2	518.0	520.2	520.6	519.3	516.5	522.1	519.4	518.9	519.6	520.8	517.2	516.6	519.9	519.1
6	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cm³	2.397	2.403	2.390	2.394	2.405	2.401	2.394	2.401	2.410	2.390	2.401	2.403	2.401	2.397	2.412	2.409	2.399	2.401
7	Densidad teórica máxima (MTC E-508)	gr/cm³	2.523	2.523	2.523	2.520	2.520	2.520	2.505	2.505	2.505	2.488	2.488	2.488	2.478	2.478	2.478	2.464	2.464	2.464
8	Vacíos	%	5.01	4.76	5.30	5.02	4.58	4.73	4.42	4.13	3.76	3.94	3.49	3.41	3.11	3.27	2.67	2.23	2.63	2.56
9	Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm³	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699
10	Vacíos de agregados mineral	%	14.7	14.5	15.0	15.3	14.9	15.0	15.7	15.5	15.1	16.3	15.9	15.9	16.4	16.5	16.0	16.5	16.9	16.8
11	Vacíos llenos con cemento asfáltico	%	66.0	67.2	64.6	67.1	69.2	68.5	71.9	73.3	75.2	75.9	78.1	78.5	81.0	80.2	83.3	86.5	84.4	84.8
12	Peso específico del agregado total	gr/cm³	2.690	2.690	2.690	2.710	2.710	2.710	2.715	2.715	2.715	2.718	2.718	2.718	2.730	2.730	2.730	2.736	2.736	2.736
13	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	-0.118	-0.118	-0.118	0.158	0.158	0.158	0.223	0.223	0.223	0.262	0.262	0.262	0.426	0.426	0.426	0.513	0.513	0.513
14	Cemento asfáltico efectivo	%	4.11	4.11	4.11	4.35	4.35	4.35	4.79	4.79	4.79	5.26	5.26	5.26	5.60	5.60	5.60	6.02	6.02	6.02
15	Flujo	mm	1.15	1.68	1.48	1.63	1.72	2.10	2.16	2.35	2.67	3.32	2.88	3.11	3.34	3.81	3.94	4.05	4.16	4.55
16	Estabilidad sin corregir	kg	779.4	804.1	818.5	877.8	899.1	910.7	954.3	964.4	989.2	995.9	1040.4	1004.4	1038.0	990.7	1025.1	959.0	946.7	993.0
17	Factor de estabilidad	---	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
18	Estabilidad corregida	kg	779	804	819	878	899	911	954	964	989	996	1040	1004	1038	991	1025	959	947	993
19	Estabilidad - Flujo	kg/cm	6777	4786	5530	5385	5227	4337	4418	4104	3705	3000	3613	3230	3108	2600	2602	2368	2276	2182
19	Compactación, numero de golpes por cara	---	75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes		

Fuente: Elaboración propia



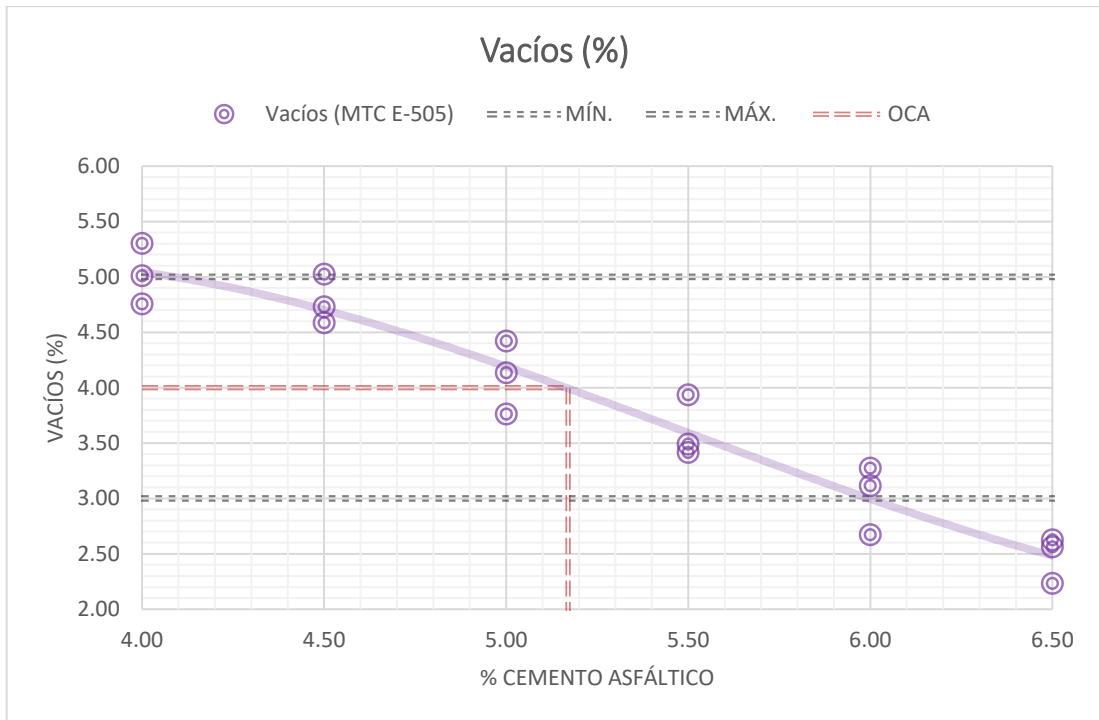


Figura 43. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-2 Villa Rica  
Fuente: Elaboración propia

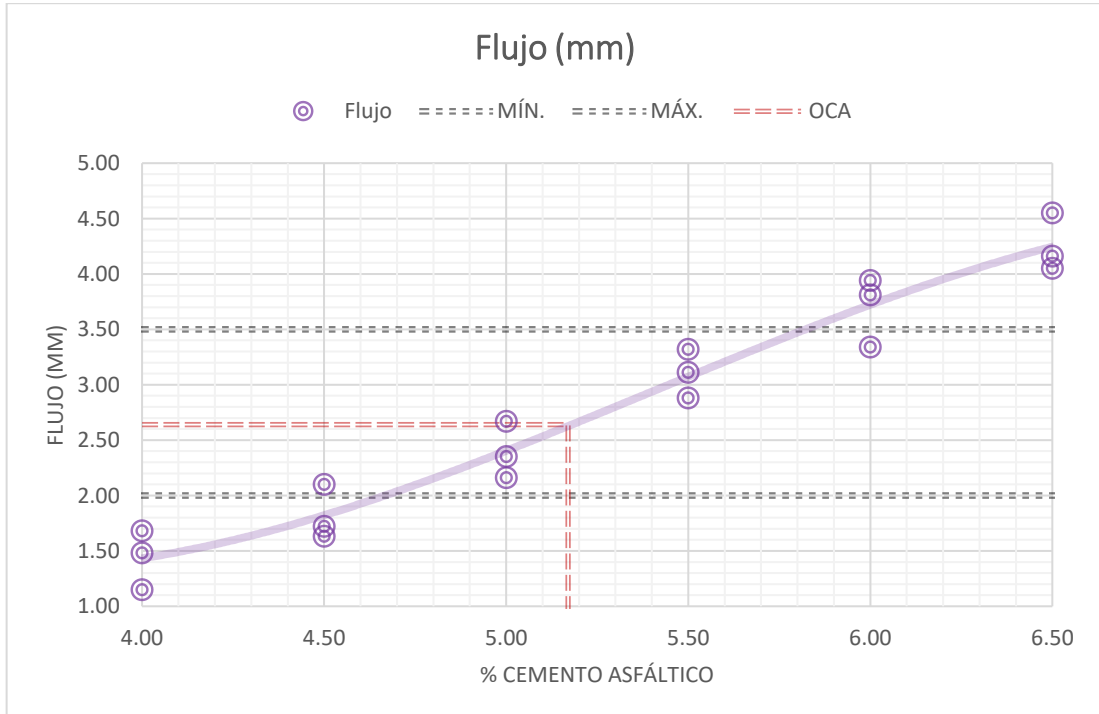


Figura 44. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-2 Villa Rica  
Fuente: Elaboración propia

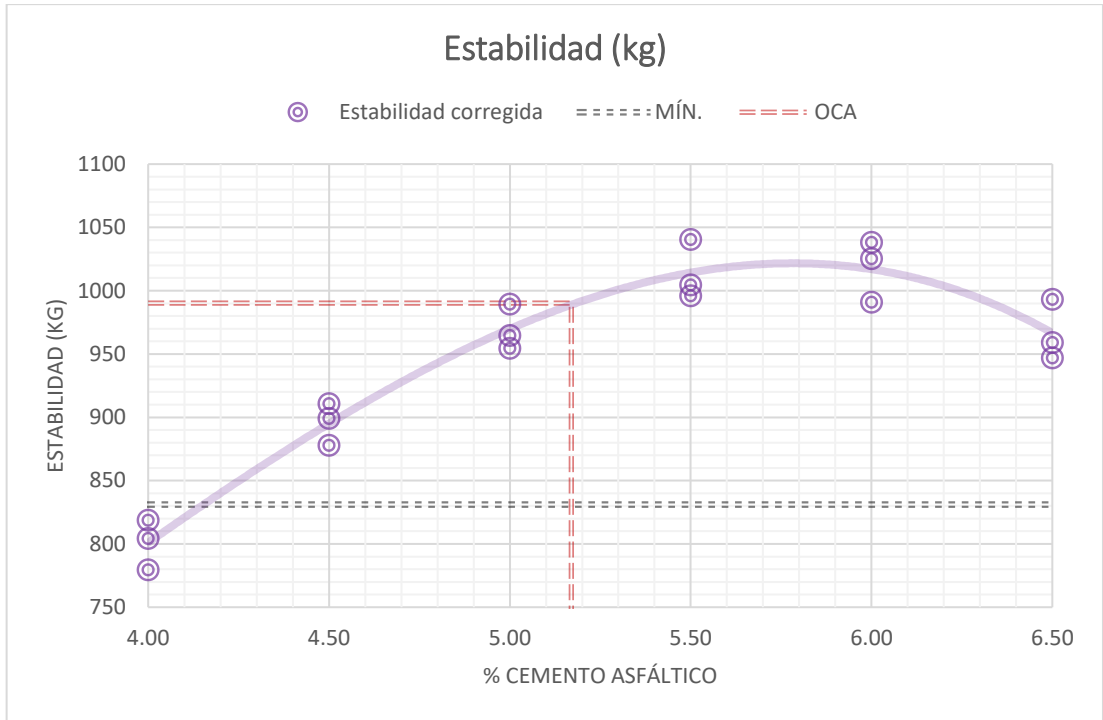


Figura 45. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-2 Villa Rica

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 50, se presentan los resultados de las propiedades mecánicas al óptimo contenido de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica en caliente diseñada por MAC-2 al emplear los resultados del ensayo de Rice (la densidad teórica máxima) de Villa Rica.

Tabla 50. Óptimo contenido de asfalto (5.17%) Diseño MAC-2 Villa Rica

Óptimo contenido de asfalto		
Cemento asfáltico	5.17	%
<i>Peso unitario</i>	2.401	gr/cm <sup>3</sup>
<i>Vacíos</i>	4.00	%
<i>Vacíos de agregado mineral</i>	15.65	%
<i>Vacíos llenos con cemento asfáltico</i>	74.45	%
<i>Flujo</i>	2.64	mm
<i>Estabilidad</i>	990.2	kg

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2.3. Propiedades mecánicas del diseño MAC-3

En la tabla 51, se adjuntan los resultados del ensayo de Marshall realizados a las mezclas asfálticas en caliente por MAC-3, en el análisis se emplearán los

resultados del ensayo de Rice (la densidad teórica máxima) para esta mezcla la cual se ensayó a nivel de presión atmosférica de la selva alta en Villa Rica. Además, en las siguientes figuras, se presentan las gráficas de cada propiedad mecánica resultante del ensayo de Marshall realizado a la mezcla asfáltica en caliente del diseño MAC-3 con los resultados del ensayo de Rice realizado en Villa Rica, observándose las líneas polinómicas de la dispersión de resultados ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico empleado. En las gráficas las líneas rojas entre punteadas representan el porcentaje óptimo de asfalto, el óptimo se encontró para el porcentaje de asfalto con el que se obtiene el 4% de vacíos en la mezcla y así verificar que las propiedades cumplan con las especificaciones mínimas y máximas del diseño por Marshall.

Tabla 51. Propiedades mecánicas para Diseño MAC-3 Villa Rica

N°	BRIQUETAS	N°	B-V37	B-V38	B-V39	B-V40	B-V41	B-V42	B-V43	B-V44	B-V45	B-V46	B-V47	B-V48	B-V49	B-V50	B-V51	B-V52	B-V53	B-V54
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.50	4.50	4.50	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
2	Peso de la briqueta al aire	gr	1249.4	1246.0	1245.5	1244.6	1249.2	1247.3	1248.7	1248.8	1247.0	1244.0	1246.6	1248.0	1247.0	1246.5	1244.2	1244.7	1247.0	1246.1
3	Peso de la briqueta saturada	gr	1258.3	1254.8	1253.3	1251.3	1255.7	1252.5	1256.4	1258.8	1255.0	1252.5	1255.1	1256.0	1253.4	1254.1	1251.6	1251.5	1256.0	1252.2
4	Peso de la briqueta en agua	gr	737.2	735.7	736.8	735.0	736.0	736.3	738.0	738.0	737.9	736.5	735.4	738.8	737.2	734.9	735.8	738.2	738.4	737.2
5	Volumen de briqueta + parafina	cm³	521.1	519.1	516.5	516.3	519.7	516.2	518.4	520.8	517.1	516.0	519.7	517.2	516.2	519.2	515.8	513.3	517.6	515.0
6	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cm³	2.398	2.400	2.411	2.411	2.404	2.416	2.409	2.398	2.412	2.411	2.399	2.413	2.416	2.401	2.412	2.425	2.409	2.420
7	Densidad teórica máxima (MTC E-508)	gr/cm³	2.535	2.535	2.535	2.532	2.532	2.532	2.517	2.517	2.517	2.502	2.502	2.502	2.486	2.486	2.486	2.484	2.484	2.484
8	Vacíos	%	5.41	5.30	4.86	4.78	5.05	4.56	4.29	4.72	4.18	3.64	4.13	3.56	2.84	3.44	2.98	2.37	3.00	2.58
9	Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm³	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706
10	Vacíos de agregados mineral	%	14.9	14.8	14.5	14.9	15.2	14.7	15.4	15.8	15.3	15.8	16.2	15.7	16.1	16.6	16.2	16.2	16.8	16.4
11	Vacíos llenos con cemento asfáltico	%	63.8	64.3	66.4	68.0	66.7	69.1	72.2	70.2	72.8	77.0	74.6	77.4	82.3	79.3	81.6	85.4	82.1	84.3
12	Peso específico del agregado total	gr/cm³	2.704	2.704	2.704	2.724	2.724	2.724	2.730	2.730	2.730	2.736	2.736	2.736	2.740	2.740	2.740	2.762	2.762	2.762
13	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	-0.034	-0.034	-0.034	0.244	0.244	0.244	0.323	0.323	0.323	0.405	0.405	0.405	0.468	0.468	0.468	0.758	0.758	0.758
14	Cemento asfáltico efectivo	%	4.03	4.03	4.03	4.27	4.27	4.27	4.70	4.70	4.70	5.12	5.12	5.12	5.56	5.56	5.56	5.80	5.80	5.80
15	Flujo	mm	1.45	1.86	1.62	1.96	2.33	2.38	2.56	2.80	2.99	3.79	3.29	3.38	3.78	4.31	4.14	4.68	4.37	4.10
16	Estabilidad sin corregir	kg	697.9	705.7	734.9	766.3	791.6	747.2	829.7	845.7	877.8	879.9	914.7	920.8	917.5	896.3	941.8	929.2	886.2	898.4
17	Factor de estabilidad	---	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
18	Estabilidad corregida	kg	698	706	735	766	792	747	830	846	878	880	915	921	918	896	942	929	886	898
19	Estabilidad - Flujo	kg/cm	4813	3794	4536	3910	3397	3139	3241	3020	2936	2322	2780	2724	2427	2080	2275	1985	2028	2191
19	Compactación, numero de golpes por cara	---	75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes		

Fuente: Elaboración propia

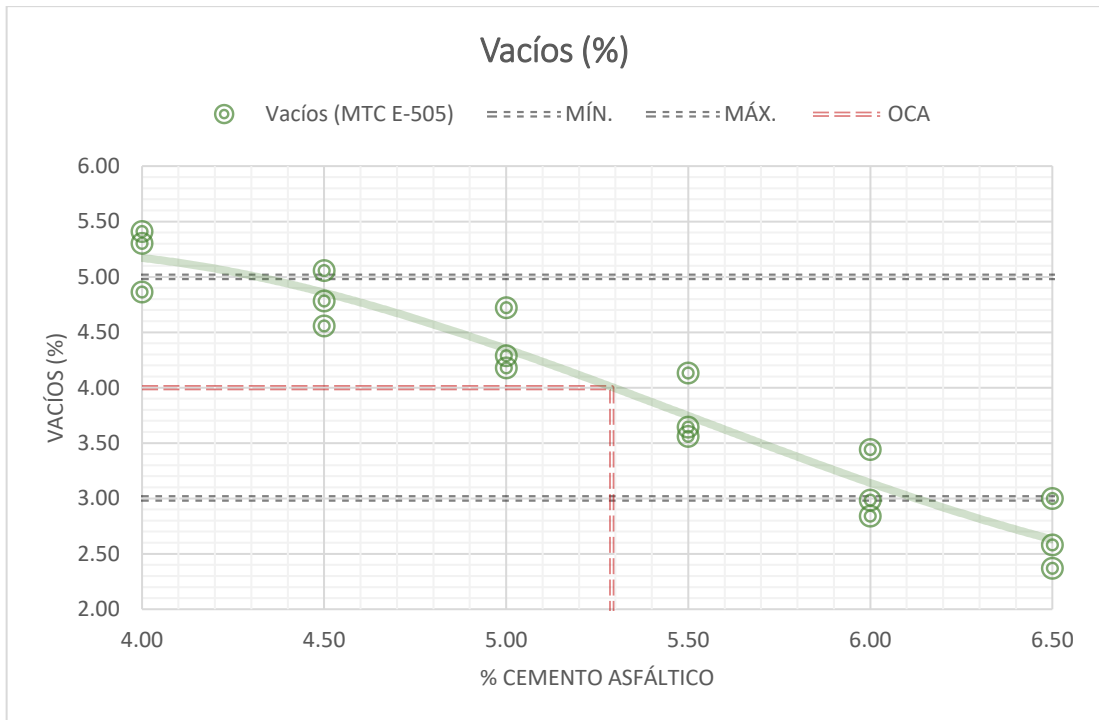


Figura 46. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-3 Villa Rica  
Fuente: Elaboración propia

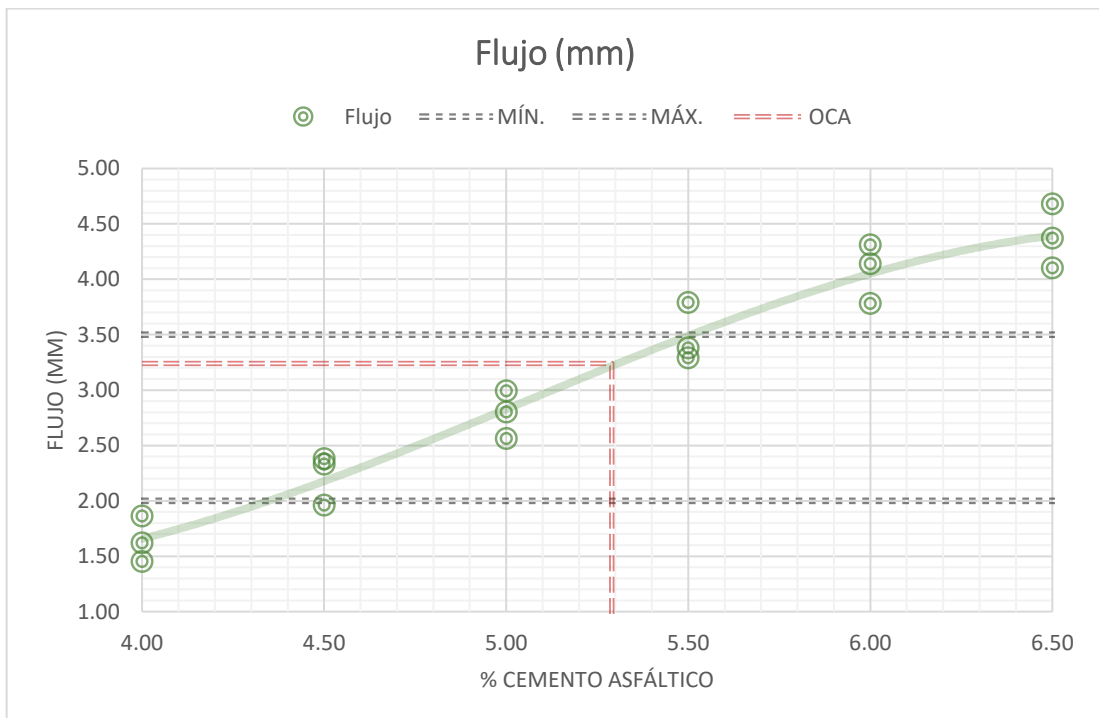


Figura 47. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-3 Villa Rica  
Fuente: Elaboración propia

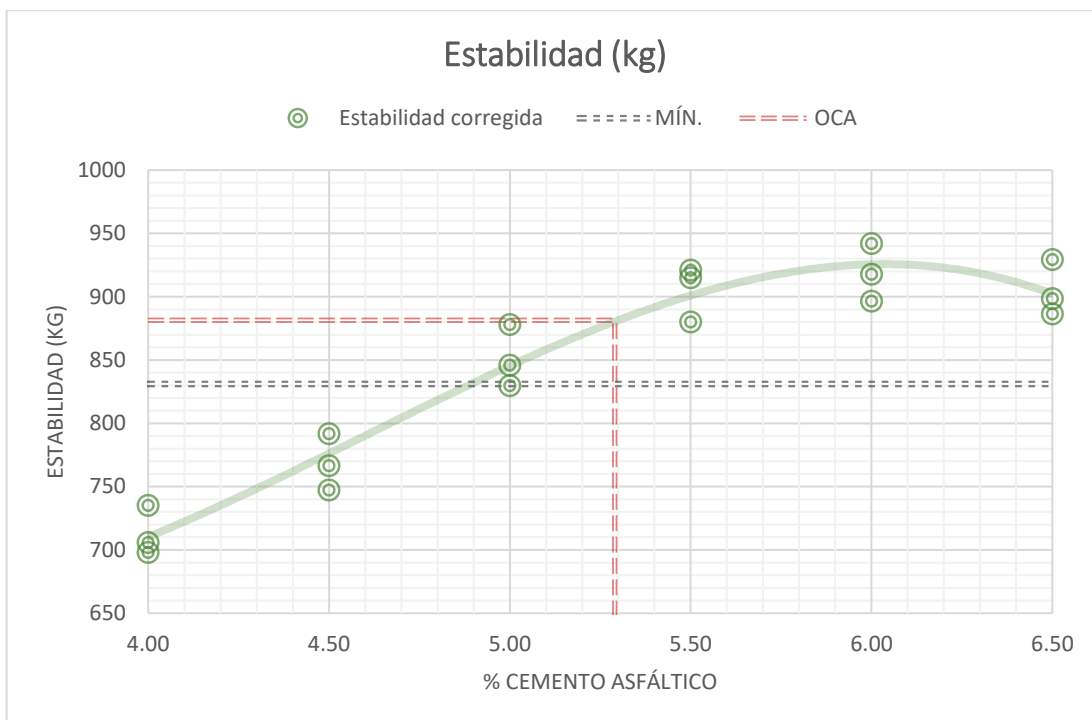


Figura 48. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-3 Villa Rica  
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 52, se presentan los resultados de las propiedades mecánicas al óptimo contenido de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica en caliente diseñada por MAC-3 al emplear los resultados del ensayo de Rice (la densidad teórica máxima) de Villa Rica.

Tabla 52. Óptimo contenido de asfalto (5.29%) Diseño MAC-3 Villa Rica

Óptimo contenido de asfalto		
Cemento asfáltico	5.29	%
<i>Peso unitario</i>	2.407	gr/cm <sup>3</sup>
<i>Vacíos</i>	4.00	%
<i>Vacíos de agregado mineral</i>	15.75	%
<i>Vacíos llenos con cemento asfáltico</i>	74.50	%
<i>Flujo</i>	3.24	mm
<i>Estabilidad</i>	881.4	kg

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.3. Propiedades mecánicas (Rice en Lima)

##### 4.4.3.1. Propiedades mecánicas del diseño MAC-1

En la tabla 53, se adjuntan los resultados del ensayo de Marshall realizados a las mezclas asfálticas en caliente por MAC-1, en el análisis se emplearán los

resultados del ensayo de Rice (la densidad teórica máxima) para esta mezcla la cual se ensayó a nivel de presión atmosférica a nivel del mar en Lima.

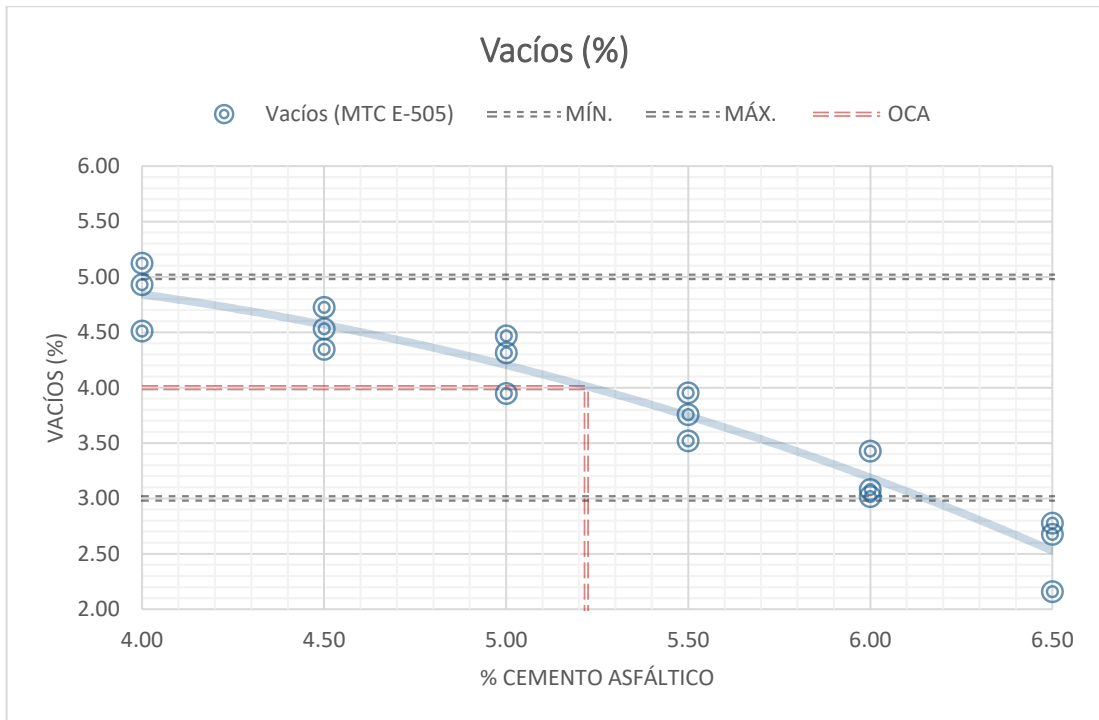
Además, en las siguientes figuras, se presentan las gráficas de cada propiedad mecánica resultante del ensayo de Marshall realizado a la mezcla asfáltica en caliente del diseño MAC-1 con los resultados del ensayo de Rice realizado en Lima, observándose las líneas polinómicas de la dispersión de resultados ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico empleado. En las gráficas las líneas rojas entre punteadas representan el porcentaje óptimo de asfalto, el óptimo se encontró para el porcentaje de asfalto con el que se obtiene el 4% de vacíos en la mezcla y así verificar que las propiedades cumplan con las especificaciones mínimas y máximas del diseño por Marshall.

Tabla 53. Propiedades mecánicas para Diseño MAC-1 Lima

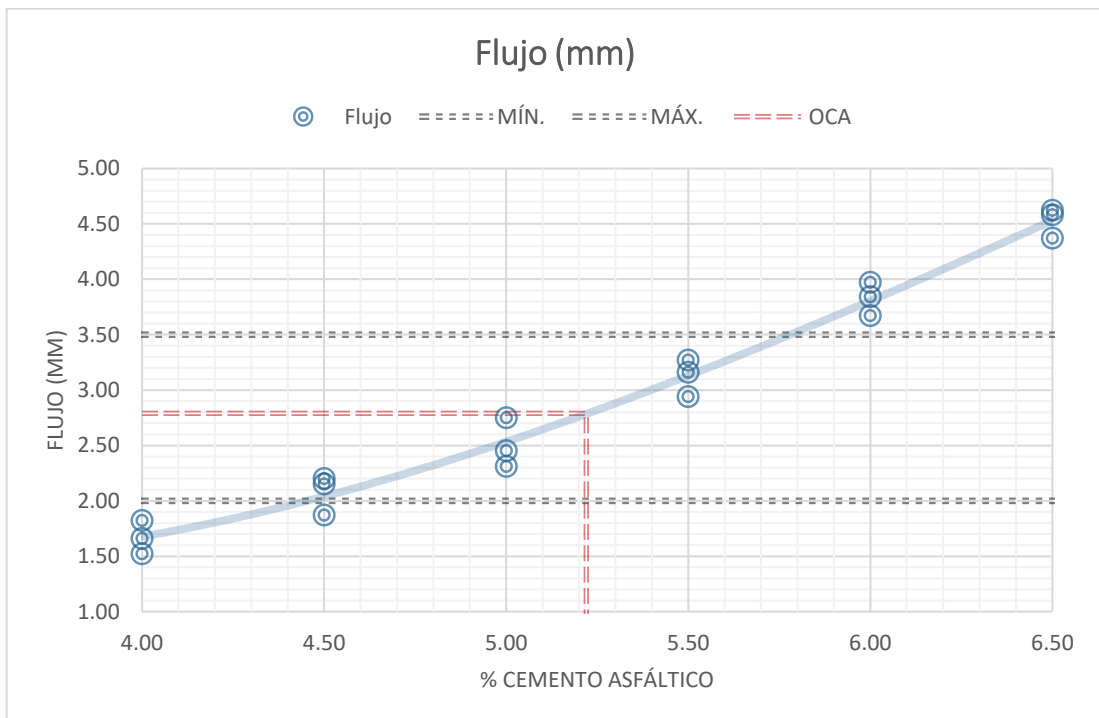
N°	BRIQUETAS	N°	B-L1	B-L2	B-L3	B-L4	B-L5	B-L6	B-L7	B-L8	B-L9	B-L10	B-L11	B-L12	B-L13	B-L14	B-L15	B-L16	B-L17	B-L18
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.50	4.50	4.50	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
2	Peso de la briqueta al aire	gr	1244.7	1248.0	1244.3	1247.4	1248.7	1251.5	1247.7	1248.4	1252.1	1247.1	1250.4	1247.7	1249.3	1245.1	1251.0	1247.3	1244.0	1244.8
3	Peso de la briqueta saturada	gr	1249.7	1251.9	1248.9	1249.8	1252.9	1253.4	1252.4	1256.1	1256.1	1254.2	1253.9	1254.9	1253.6	1250.5	1255.2	1255.1	1247.8	1252.6
4	Peso de la briqueta en agua	gr	734.9	732.4	732.0	733.1	734.6	736.0	736.6	737.2	736.5	738.1	737.7	737.5	736.9	735.2	735.6	738.2	735.0	736.2
5	Volumen de briqueta + parafina	cm³	514.8	519.5	516.9	516.7	518.3	517.4	515.8	518.9	519.6	516.1	516.2	517.4	516.7	515.3	519.6	516.9	512.8	516.4
6	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cm³	2.418	2.402	2.407	2.414	2.409	2.419	2.419	2.406	2.410	2.416	2.422	2.411	2.418	2.416	2.408	2.413	2.426	2.411
7	Densidad teórica máxima (MTC E-508)	gr/cm³	2.532	2.532	2.532	2.529	2.529	2.529	2.518	2.518	2.518	2.511	2.511	2.511	2.493	2.493	2.493	2.479	2.479	2.479
8	Vacíos	%	4.51	5.12	4.93	4.53	4.72	4.34	3.95	4.47	4.31	3.75	3.52	3.95	3.01	3.08	3.42	2.67	2.16	2.77
9	Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm³	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695	2.695
10	Vacíos de agregados mineral	%	13.9	14.4	14.3	14.5	14.6	14.3	14.7	15.2	15.1	15.3	15.1	15.5	15.7	15.7	16.0	16.3	15.9	16.4
11	Vacíos llenos con cemento asfáltico	%	67.5	64.5	65.5	68.7	67.7	69.6	73.2	70.6	71.4	75.4	76.7	74.4	80.8	80.4	78.6	83.6	86.4	83.1
12	Peso específico del agregado total	gr/cm³	2.700	2.700	2.700	2.720	2.720	2.720	2.732	2.732	2.732	2.747	2.747	2.747	2.749	2.749	2.749	2.756	2.756	2.756
13	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	0.069	0.069	0.069	0.341	0.341	0.341	0.498	0.498	0.498	0.701	0.701	0.701	0.732	0.732	0.732	0.829	0.829	0.829
14	Cemento asfáltico efectivo	%	3.93	3.93	3.93	4.18	4.18	4.18	4.53	4.53	4.53	4.84	4.84	4.84	5.32	5.32	5.32	5.73	5.73	5.73
15	Flujo	mm	1.52	1.66	1.82	1.87	2.15	2.20	2.45	2.75	2.31	2.94	3.27	3.16	3.97	3.67	3.84	4.37	4.58	4.62
16	Estabilidad sin corregir	kg	762.1	785.6	801.4	879.6	864.2	890.9	935.3	962.7	967.6	996.5	1013.0	1040.7	1026.5	1054.8	1057.3	1034.9	1069.4	1048.5
17	Factor de estabilidad	---	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
18	Estabilidad corregida	kg	762	786	801	880	864	891	935	963	968	997	1013	1041	1027	1055	1057	1035	1069	1049
19	Estabilidad - Flujo	kg/cm	5014	4733	4403	4704	4020	4050	3818	3501	4189	3389	3098	3293	2586	2874	2753	2368	2335	2269
19	Compactación, numero de golpes por cara	---	75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes		

Fuente: Elaboración propia





**Figura 49. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-1 Lima**  
 Fuente: Elaboración propia



**Figura 50. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-1 Lima**  
 Fuente: Elaboración propia

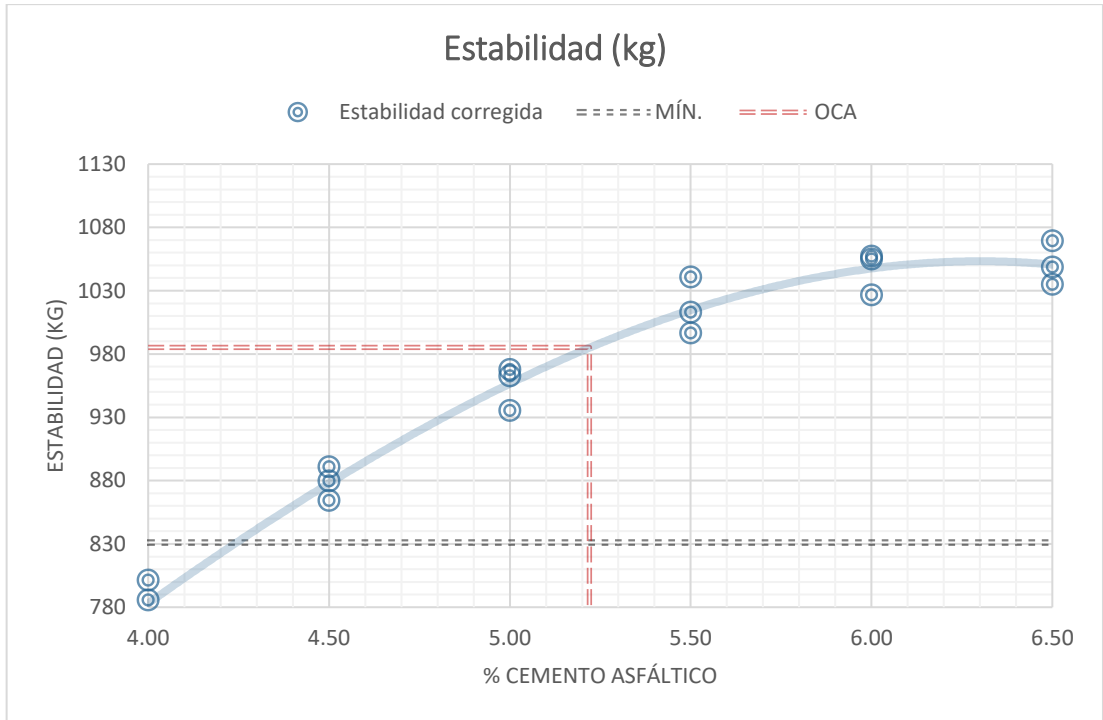


Figura 51. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-1 Lima

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 54, se presentan los resultados de las propiedades mecánicas al óptimo contenido de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica en caliente diseñada por MAC-1 al emplear los resultados del ensayo de Rice (la densidad teórica máxima) de Lima.

Tabla 54. Óptimo contenido de asfalto (5.22%) Diseño MAC-1 Lima

**Óptimo contenido de asfalto**

Cemento asfáltico	5.22	%
<i>Peso unitario</i>	2.414	gr/cm <sup>3</sup>
<i>Vacíos</i>	4.00	%
<i>Vacíos de agregado mineral</i>	15.12	%
<i>Vacíos llenos con cemento asfáltico</i>	73.40	%
<i>Flujo</i>	2.79	mm
<i>Estabilidad</i>	985.2	kg

Fuente: Elaboración propia

**4.4.3.2. Propiedades mecánicas del diseño MAC-2**

En la tabla 55, se adjuntan los resultados del ensayo de Marshall realizados a las mezclas asfálticas en caliente por MAC-2, en el análisis se emplearán los

resultados del ensayo de Rice (la densidad teórica máxima) para esta mezcla la cual se ensayó a nivel de presión atmosférica a nivel del mar en Lima.

Además, en las siguientes figuras, se presentan las gráficas de cada propiedad mecánica resultante del ensayo de Marshall realizado a la mezcla asfáltica en caliente del diseño MAC-2 con los resultados del ensayo de Rice realizado en Lima, observándose las líneas polinómicas de la dispersión de resultados ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico empleado. En las gráficas las líneas rojas entre punteadas representan el porcentaje óptimo de asfalto, el óptimo se encontró para el porcentaje de asfalto con el que se obtiene el 4% de vacíos en la mezcla y así verificar que las propiedades cumplan con las especificaciones mínimas y máximas del diseño por Marshall.

Tabla 55. Propiedades mecánicas para Diseño MAC-2 Lima

N°	BRIQUETAS	N°	B-L19	B-L20	B-L21	B-L22	B-L23	B-L24	B-L25	B-L26	B-L27	B-L28	B-L29	B-L30	B-L31	B-L32	B-L33	B-L34	B-L35	B-L36
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.50	4.50	4.50	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
2	Peso de la briqueta al aire	gr	1250.5	1246.5	1248.0	1247.3	1249.5	1246.7	1244.4	1245.3	1248.1	1250.1	1248.9	1244.5	1246.5	1246.9	1249.7	1247.5	1244.0	1249.5
3	Peso de la briqueta saturada	gr	1258.4	1251.1	1253.0	1256.6	1256.8	1255.0	1254.1	1251.4	1253.6	1254.7	1254.0	1252.8	1254.4	1254.5	1256.0	1256.9	1250.6	1259.8
4	Peso de la briqueta en agua	gr	736.9	734.1	734.3	736.9	735.4	736.6	737.2	736.8	734.9	738.5	736.0	738.5	736.0	738.9	736.8	735.4	733.6	738.5
5	Volumen de briqueta + parafina	cm³	521.5	517.0	518.7	519.7	521.4	518.4	516.9	514.6	518.7	516.2	518.0	514.3	518.4	515.6	519.2	521.5	517.0	521.3
6	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cm³	2.398	2.411	2.406	2.400	2.396	2.405	2.407	2.420	2.406	2.422	2.411	2.420	2.405	2.418	2.407	2.392	2.406	2.397
7	Densidad teórica máxima (MTC E-508)	gr/cm³	2.534	2.534	2.534	2.530	2.530	2.530	2.525	2.525	2.525	2.509	2.509	2.509	2.492	2.492	2.492	2.472	2.472	2.472
8	Vacíos	%	5.36	4.84	5.04	5.15	5.29	4.96	4.67	4.17	4.72	3.48	3.91	3.56	3.50	2.94	3.40	3.23	2.66	3.04
9	Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm³	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699	2.699
10	Vacíos de agregados mineral	%	14.7	14.2	14.4	15.1	15.2	14.9	15.3	14.8	15.3	15.2	15.6	15.3	16.2	15.8	16.2	17.1	16.6	17.0
11	Vacíos llenos con cemento asfáltico	%	63.5	66.0	65.0	65.8	65.2	66.7	69.4	71.8	69.2	77.1	74.9	76.7	78.5	81.3	79.0	81.1	84.0	82.1
12	Peso específico del agregado total	gr/cm³	2.702	2.702	2.702	2.722	2.722	2.722	2.740	2.740	2.740	2.745	2.745	2.745	2.747	2.747	2.747	2.747	2.747	2.747
13	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	0.053	0.053	0.053	0.325	0.325	0.325	0.572	0.572	0.572	0.628	0.628	0.628	0.665	0.665	0.665	0.656	0.656	0.656
14	Cemento asfáltico efectivo	%	3.95	3.95	3.95	4.19	4.19	4.19	4.46	4.46	4.46	4.91	4.91	4.91	5.38	5.38	5.38	5.89	5.89	5.89
15	Flujo	mm	1.20	1.40	1.53	1.93	2.20	1.70	2.48	2.78	2.37	2.91	3.17	3.29	3.20	3.44	3.71	3.58	3.78	4.22
16	Estabilidad sin corregir	kg	780.0	811.9	820.4	847.7	873.2	887.5	905.3	950.5	941.3	966.6	995.7	983.0	995.6	974.4	949.2	921.5	906.6	952.6
17	Factor de estabilidad	---	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
18	Estabilidad corregida	kg	780	812	820	848	873	888	905	951	941	967	996	983	996	974	949	922	907	953
19	Estabilidad - Flujo	kg/cm	6500	5799	5362	4392	3969	5221	3650	3419	3972	3322	3141	2988	3111	2833	2558	2574	2398	2257
19	Compactación, numero de golpes por cara	---	75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes		

Fuente: Elaboración propia

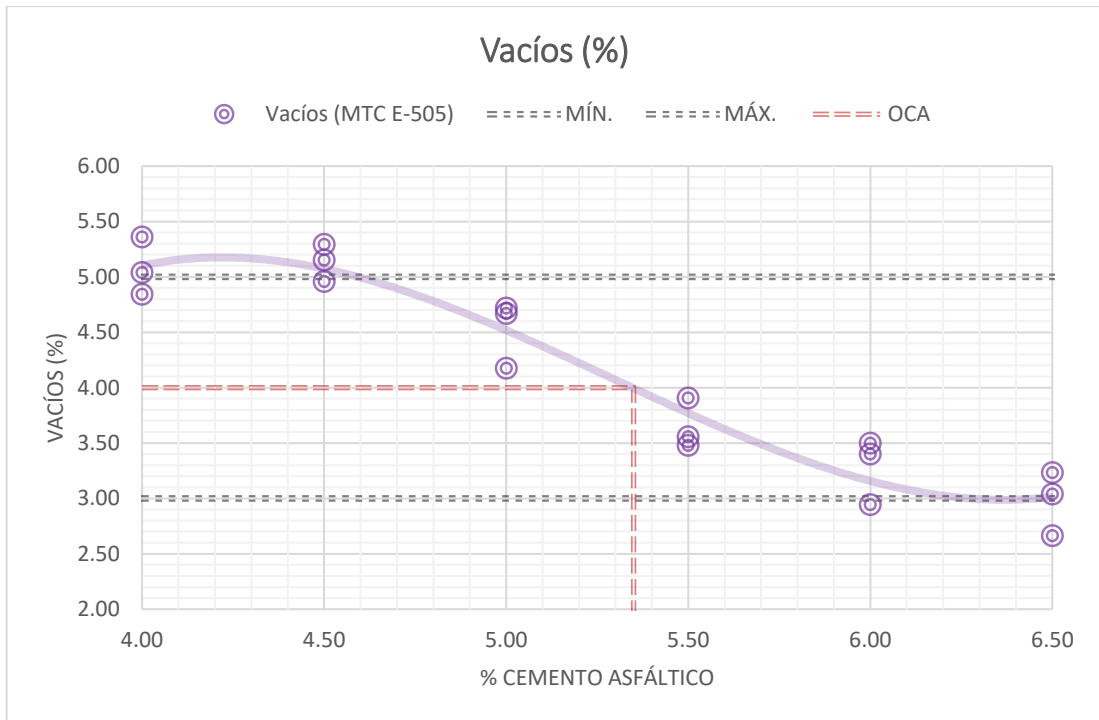


Figura 52. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-2 Lima  
Fuente: Elaboración propia

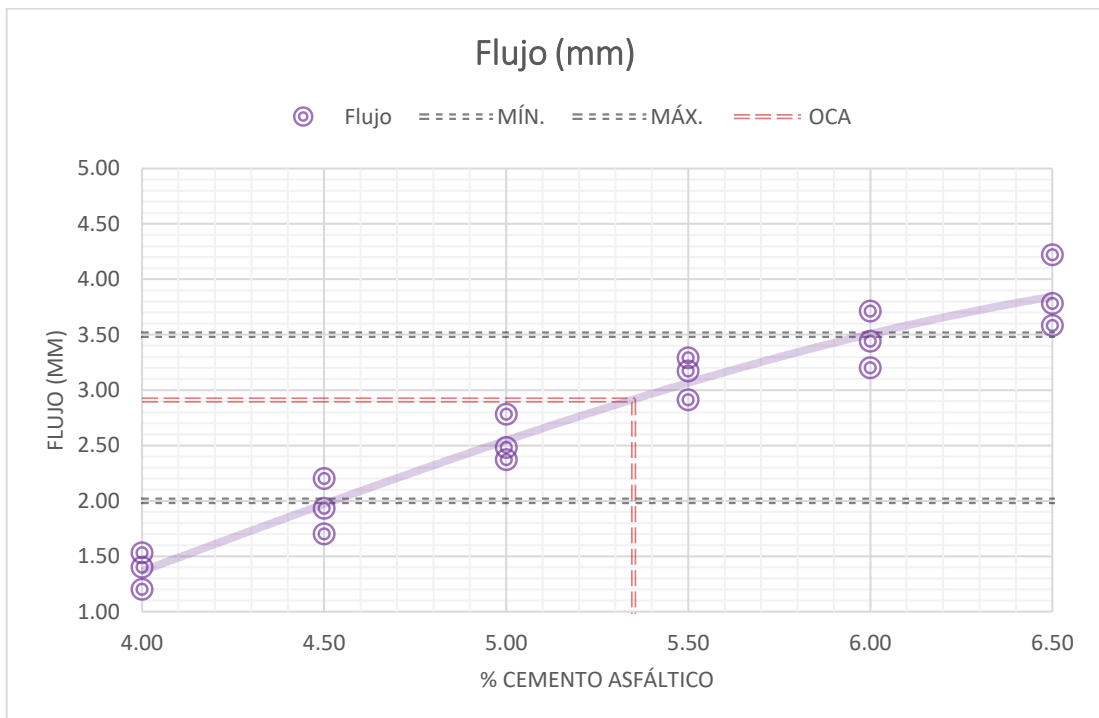


Figura 53. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-2 Lima  
Fuente: Elaboración propia

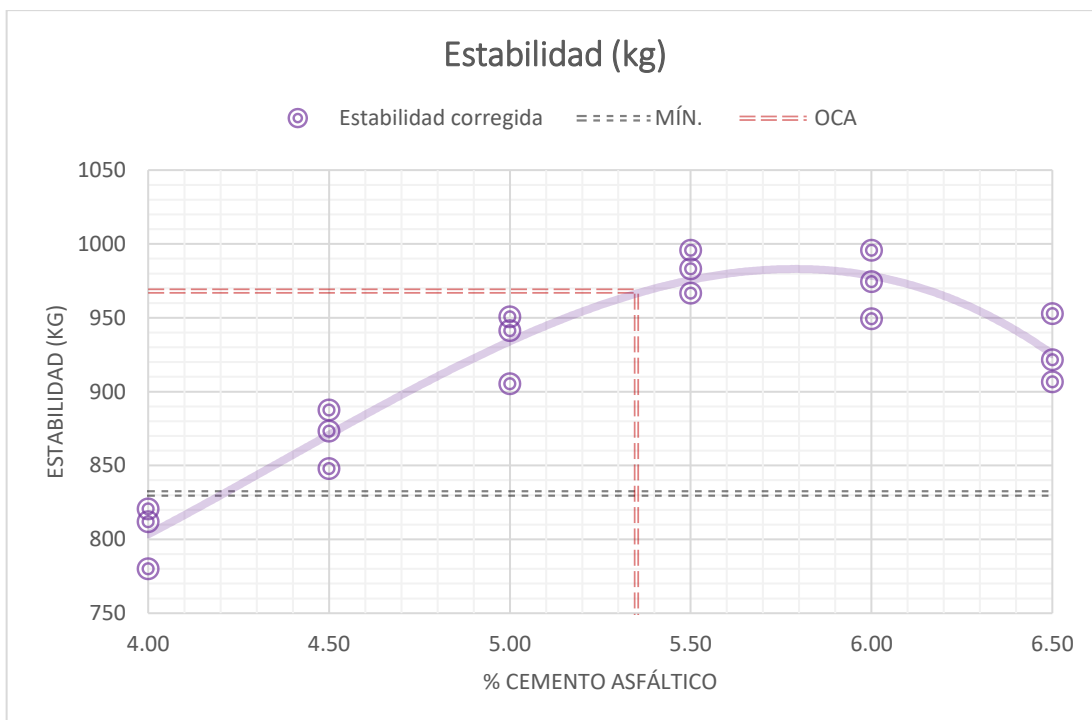


Figura 54. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-2 Lima

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 56, se presentan los resultados de las propiedades mecánicas al óptimo contenido de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica en caliente diseñada por MAC-2 al emplear los resultados del ensayo de Rice (la densidad teórica máxima) de Lima.

Tabla 56. Óptimo contenido de asfalto (5.35%) Diseño MAC-2 Lima

Óptimo contenido de asfalto		
Cemento asfáltico	5.35	%
<i>Peso unitario</i>	2.414	gr/cm <sup>3</sup>
<i>Vacíos</i>	4.00	%
<i>Vacíos de agregado mineral</i>	15.33	%
<i>Vacíos llenos con cemento asfáltico</i>	73.85	%
<i>Flujo</i>	2.91	mm
<i>Estabilidad</i>	968.1	kg

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.3.3. Propiedades mecánicas del diseño MAC-3

En la tabla 57, se adjuntan los resultados del ensayo de Marshall realizados a las mezclas asfálticas en caliente por MAC-3, en el análisis se emplearán los

resultados del ensayo de Rice (la densidad teórica máxima) para esta mezcla la cual se ensayó a nivel de presión atmosférica a nivel del mar en Lima.

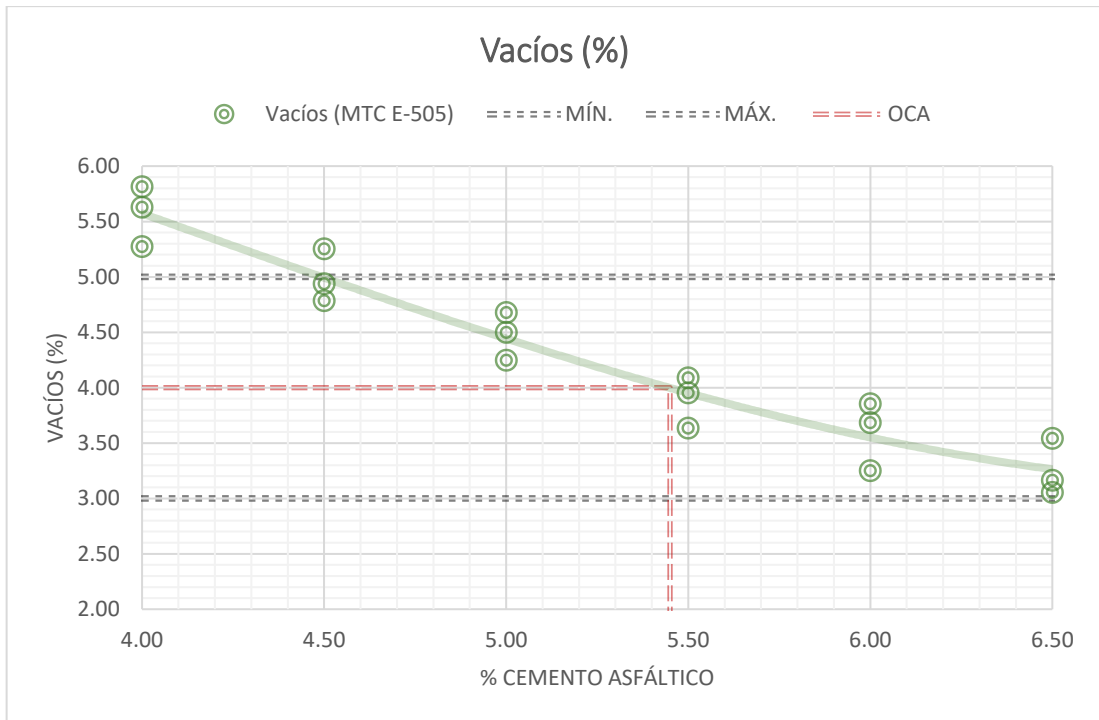
Además, en las siguientes figuras, se presentan las gráficas de cada propiedad mecánica resultante del ensayo de Marshall realizado a la mezcla asfáltica en caliente del diseño MAC-3 con los resultados del ensayo de Rice realizado en Lima, observándose las líneas polinómicas de la dispersión de resultados ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico empleado. En las gráficas las líneas rojas entre punteadas representan el porcentaje óptimo de asfalto, el óptimo se encontró para el porcentaje de asfalto con el que se obtiene el 4% de vacíos en la mezcla y así verificar que las propiedades cumplan con las especificaciones mínimas y máximas del diseño por Marshall.

Tabla 57. Propiedades mecánicas para Diseño MAC-3 Lima

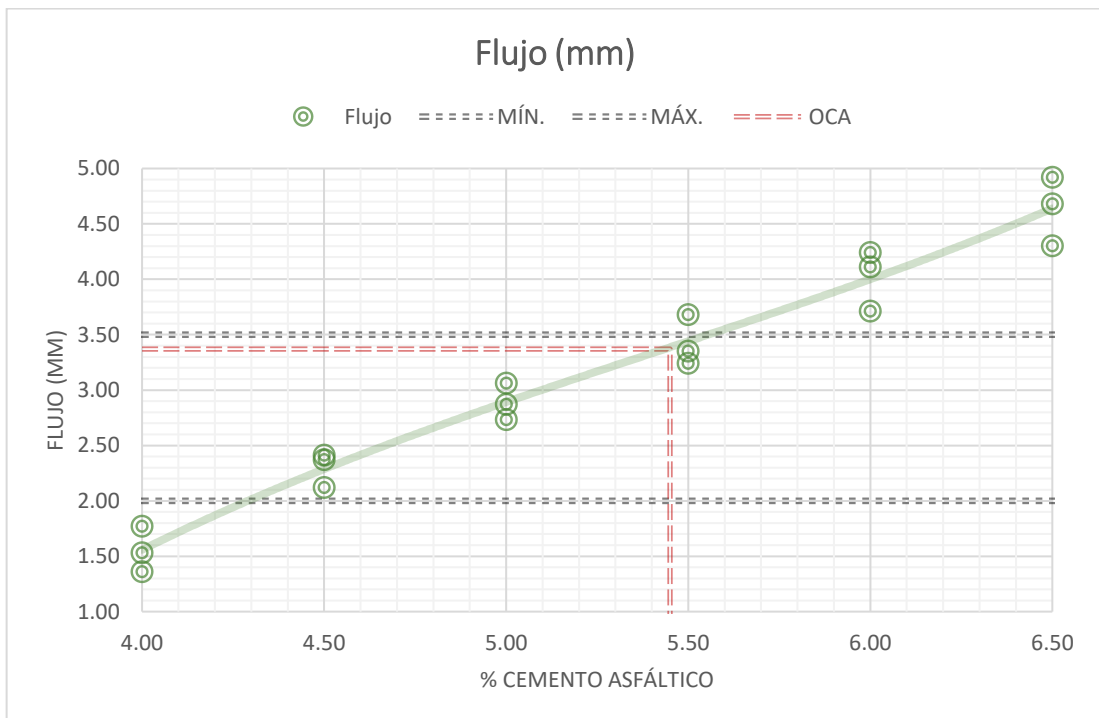
N°	BRIQUETAS	N°	B-L37	B-L38	B-L39	B-L40	B-L41	B-L42	B-L43	B-L44	B-L45	B-L46	B-L47	B-L48	B-L49	B-L50	B-L51	B-L52	B-L53	B-L54
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.50	4.50	4.50	5.00	5.00	5.00	5.50	5.50	5.50	6.00	6.00	6.00	6.50	6.50	6.50
2	Peso de la briqueta al aire	gr	1245.5	1248.1	1246.1	1244.4	1249.2	1245.2	1245.3	1250.8	1244.7	1246.4	1246.5	1250.6	1248.8	1246.1	1245.7	1246.9	1250.1	1249.4
3	Peso de la briqueta saturada	gr	1250.7	1256.6	1252.7	1252.3	1259.1	1251.9	1251.5	1256.3	1251.2	1254.7	1253.0	1255.1	1257.5	1252.0	1251.2	1255.5	1258.5	1256.4
4	Peso de la briqueta en agua	gr	732.4	736.2	736.1	737.2	740.3	737.3	737.8	738.0	736.4	738.4	739.1	737.8	739.5	734.2	736.8	734.4	738.7	736.3
5	Volumen de briqueta + parafina	cm <sup>3</sup>	518.3	520.4	516.6	515.1	518.8	514.6	513.7	518.3	514.8	516.3	513.9	517.3	518.0	517.8	514.4	521.1	519.8	520.1
6	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cm <sup>3</sup>	2.403	2.398	2.412	2.416	2.408	2.420	2.424	2.413	2.418	2.414	2.426	2.418	2.411	2.407	2.422	2.393	2.405	2.402
7	Densidad teórica máxima (MTC E-508)	gr/cm <sup>3</sup>	2.546	2.546	2.546	2.541	2.541	2.541	2.532	2.532	2.532	2.517	2.517	2.517	2.503	2.503	2.503	2.481	2.481	2.481
8	Vacíos	%	5.63	5.81	5.27	4.94	5.25	4.78	4.25	4.68	4.50	4.09	3.63	3.95	3.68	3.85	3.25	3.54	3.05	3.16
9	Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm <sup>3</sup>	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706	2.706
10	Vacíos de agregados mineral	%	14.7	14.9	14.4	14.7	15.0	14.6	14.9	15.3	15.1	15.7	15.3	15.6	16.3	16.4	15.9	17.3	16.9	17.0
11	Vacíos llenos con cemento asfáltico	%	61.8	61.0	63.5	66.5	65.0	67.2	71.5	69.4	70.3	74.0	76.3	74.6	77.3	76.5	79.5	79.6	81.9	81.4
12	Peso específico del agregado total	gr/cm <sup>3</sup>	2.717	2.717	2.717	2.735	2.735	2.735	2.748	2.748	2.748	2.755	2.755	2.755	2.762	2.762	2.762	2.758	2.758	2.758
13	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	0.157	0.157	0.157	0.403	0.403	0.403	0.574	0.574	0.574	0.661	0.661	0.661	0.757	0.757	0.757	0.706	0.706	0.706
14	Cemento asfáltico efectivo	%	3.85	3.85	3.85	4.12	4.12	4.12	4.46	4.46	4.46	4.88	4.88	4.88	5.30	5.30	5.30	5.85	5.85	5.85
15	Flujo	mm	1.53	1.36	1.77	2.12	2.37	2.41	2.87	3.06	2.73	3.68	3.24	3.35	4.11	3.71	4.24	4.30	4.68	4.92
16	Estabilidad sin corregir	kg	674.5	687.5	691.2	748.2	766.9	781.9	802.1	808.5	833.0	847.3	857.5	872.2	887.2	874.9	857.1	839.7	844.6	876.2
17	Factor de estabilidad	---	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
18	Estabilidad corregida	kg	675	688	691	748	767	782	802	809	833	847	858	872	887	875	857	840	845	876
19	Estabilidad - Flujo	kg/cm	4408	5055	3905	3529	3236	3244	2795	2642	3051	2302	2647	2604	2159	2358	2021	1953	1805	1781
19	Compactación, numero de golpes por cara	---	75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes			75 golpes		

Fuente: Elaboración propia





**Figura 55. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-3 Lima**  
 Fuente: Elaboración propia



**Figura 56. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-3 Lima**  
 Fuente: Elaboración propia

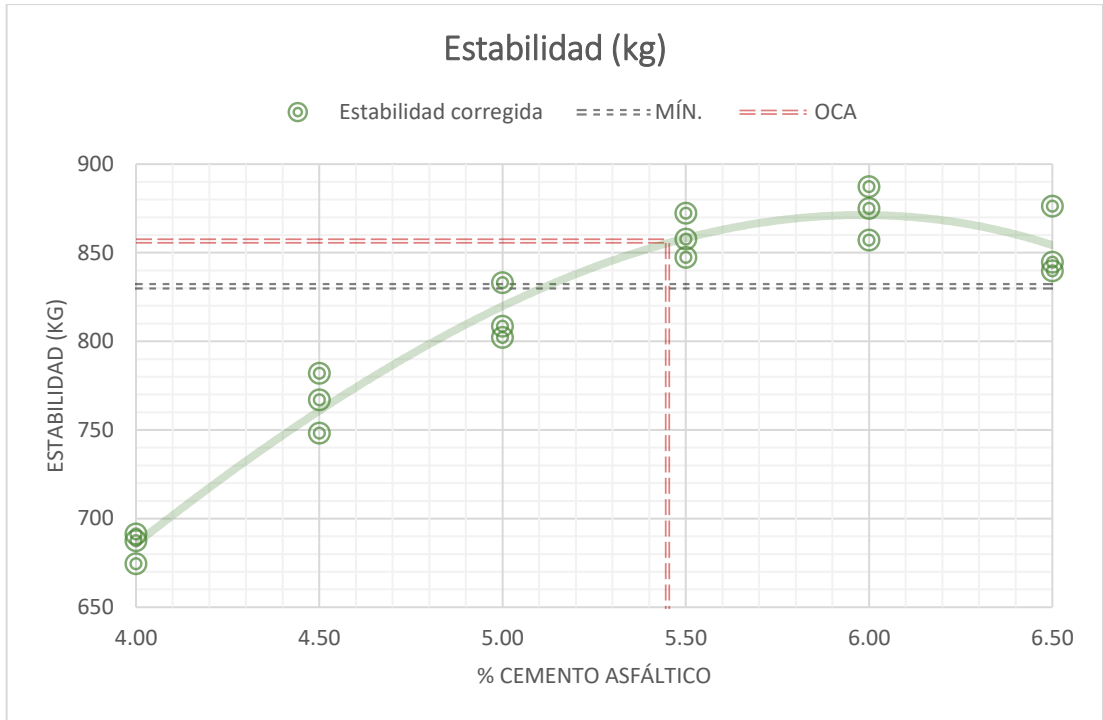


Figura 57. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) - Diseño MAC-3 Lima

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 58, se presentan los resultados de las propiedades mecánicas al óptimo contenido de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica en caliente diseñada por MAC-3 al emplear los resultados del ensayo de Rice (la densidad teórica máxima) de Lima.

Tabla 58. Óptimo contenido de asfalto (5.45%) Diseño MAC-3 Lima

Óptimo contenido de asfalto		
Cemento asfáltico	5.45	%
<i>Peso unitario</i>	2.419	gr/cm <sup>3</sup>
<i>Vacíos</i>	4.00	%
<i>Vacíos de agregado mineral</i>	15.47	%
<i>Vacíos llenos con cemento asfáltico</i>	74.10	%
<i>Flujo</i>	3.37	mm
<i>Estabilidad</i>	856.6	kg

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.4. Resultados resumen

##### 4.4.4.1. Propiedades mecánicas (Rice en Chanchamayo)

En la figura 58, se presenta la gráfica resumen de la propiedad de porcentaje de vacíos resultante para cada diseño al emplear los resultados del ensayo de

Rice a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Chanchamayo. En la gráfica, se observa que los porcentajes de vacíos resultantes del diseño MAC-3 son ligeramente superiores a los de los diseños por MAC-1 y MAC-2.

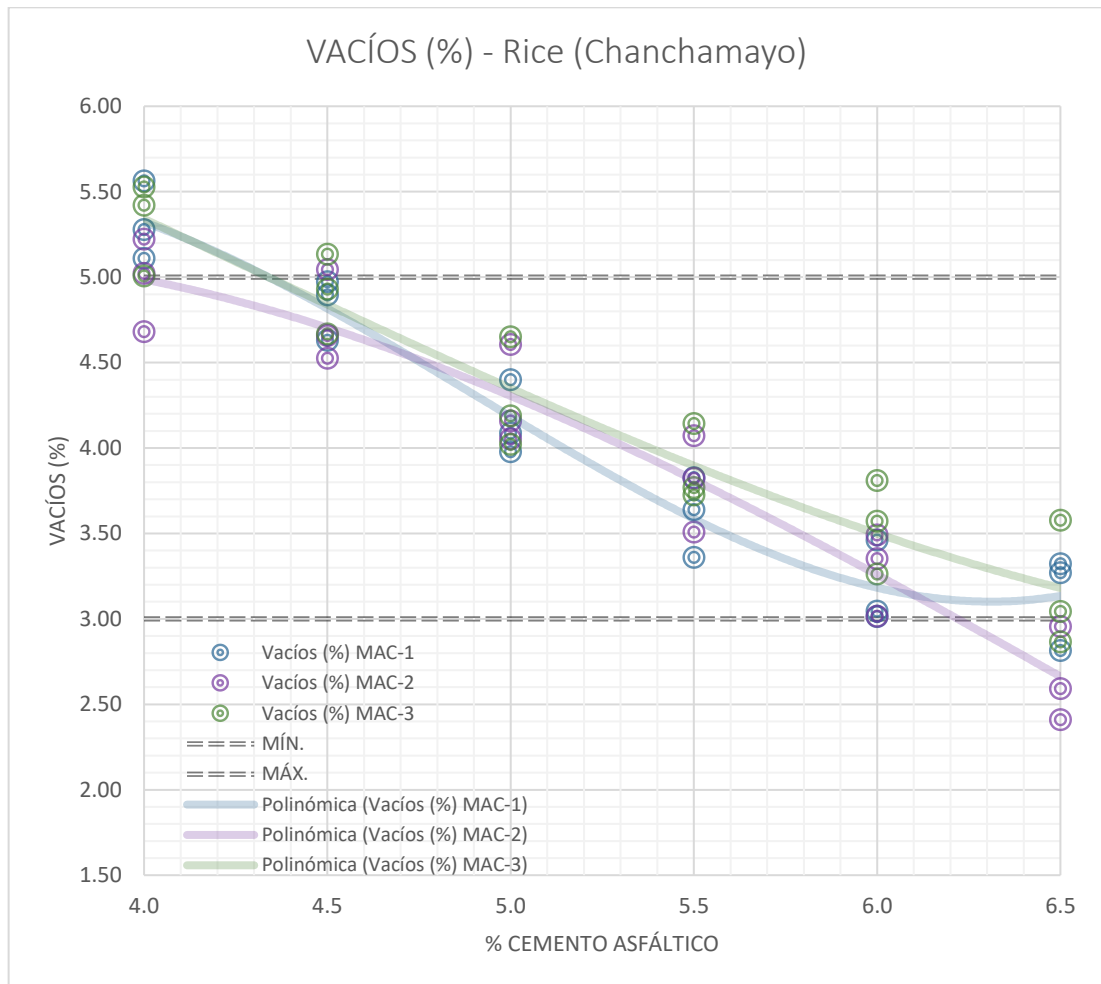


Figura 58. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) – Rice en Chanchamayo

Fuente: Elaboración propia

En la figura 59, se presenta la gráfica resumen de la propiedad de flujo resultante para cada diseño al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Chanchamayo. En la gráfica se observa que el flujo es más alto para el diseño MAC-3, mientras que para los diseños MAC-1 y MAC-2 los flujos son más bajos y a menos porcentaje de asfalto permanecen dentro del rango establecido por la normativa Marshall.

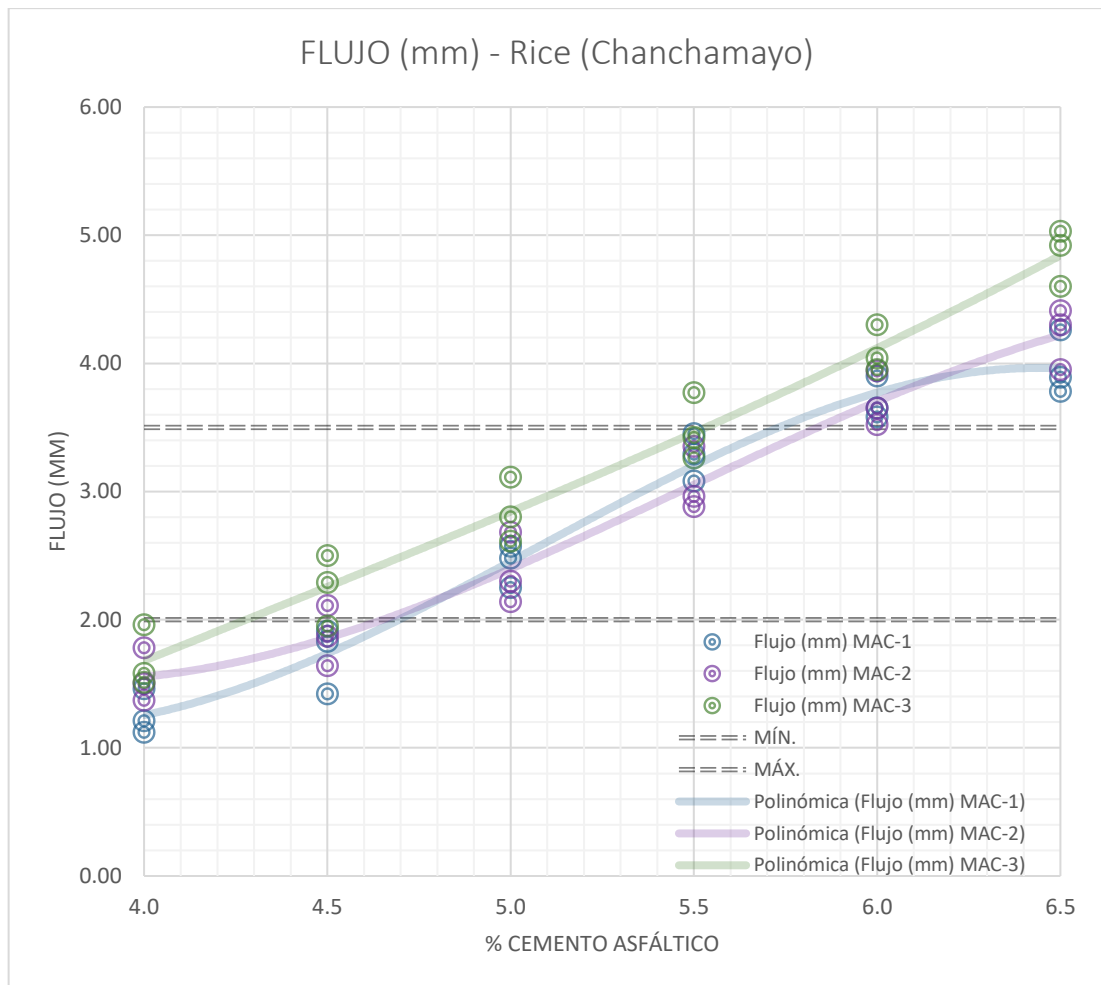


Figura 59. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) – Rice en Chanchamayo

Fuente: Elaboración propia

En la figura 60, se presenta la gráfica resumen de la propiedad de estabilidad resultante para cada diseño al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Chanchamayo. En la gráfica se observa que la estabilidad es más baja para el diseño MAC-3, mientras que para los diseños MAC-1 y MAC-2 las estabilidades son más altas y a porcentajes de asfalto de 5.5% a 6% llegan a valores de estabilidad que superan los 1000 kg.

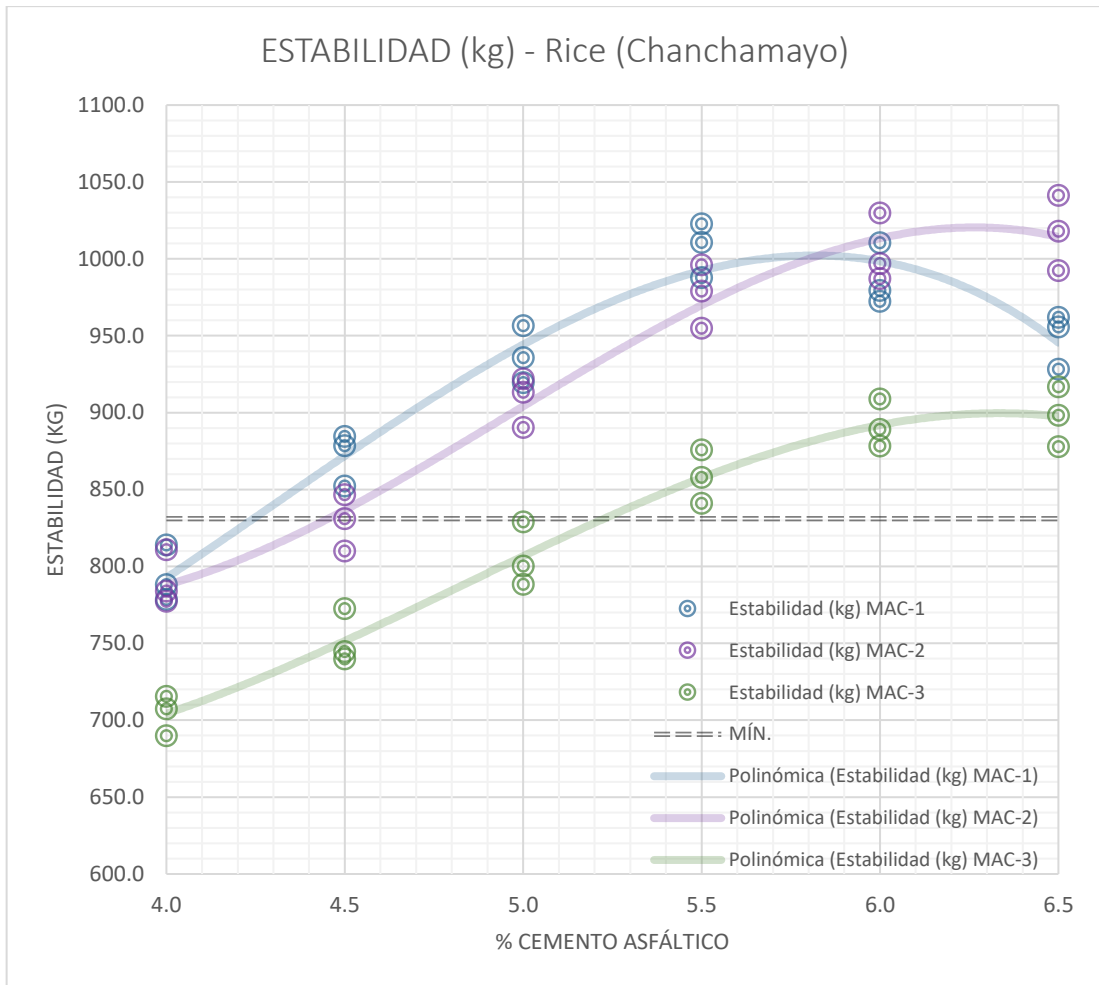


Figura 60. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) – Rice en Chanchamayo

Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.4.2. Propiedades mecánicas (Rice en Villa Rica)

En la figura 61, se presenta la gráfica resumen de la propiedad de porcentaje de vacíos resultante para cada diseño al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la selva alta en Villa Rica. En la gráfica se observa que los porcentajes de vacíos resultantes del diseño MAC-3 son ligeramente superiores a los de los diseños por MAC-1 y MAC-2.

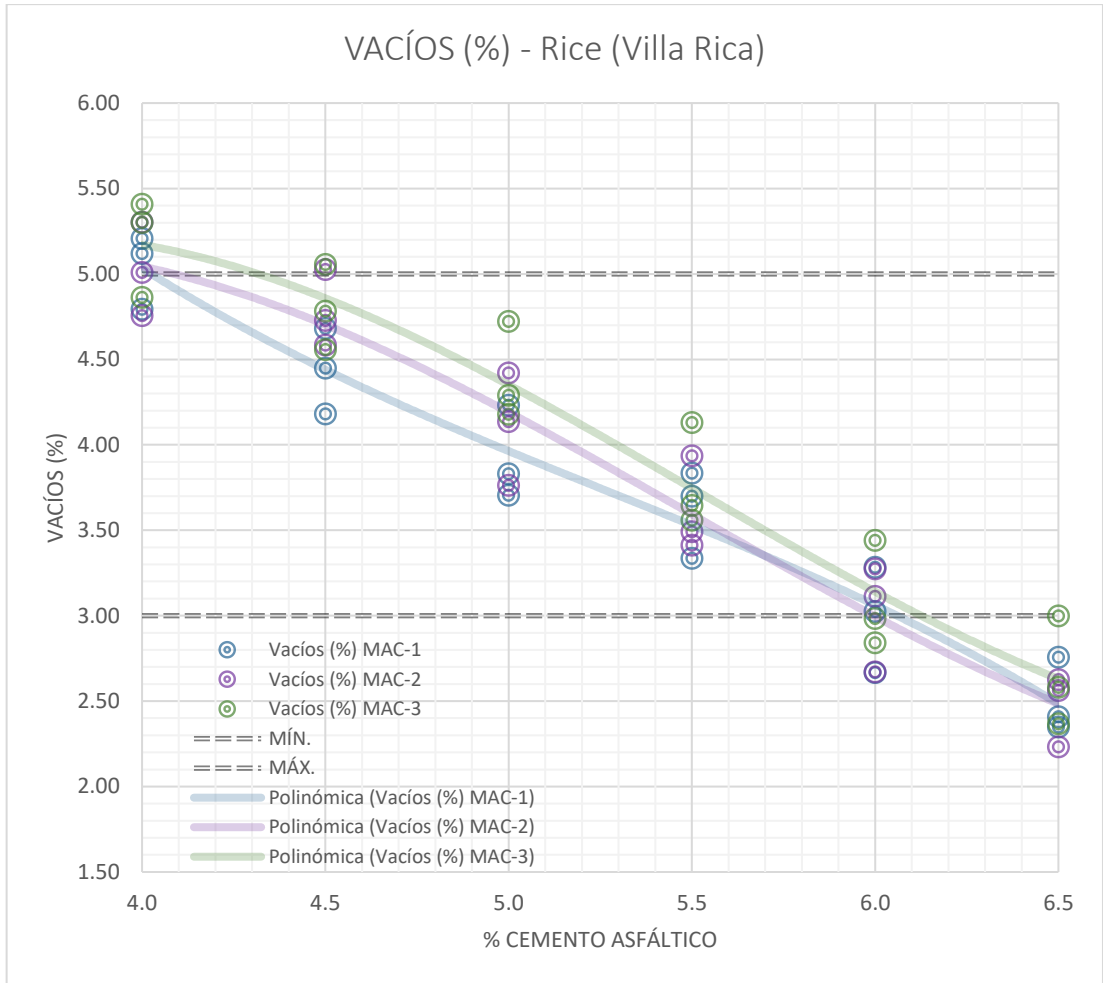


Figura 61. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) – Rice en Villa Rica

Fuente: Elaboración propia

En la figura 62, se presenta la gráfica resumen de la propiedad de flujo resultante para cada diseño al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la selva alta en Villa Rica. En la gráfica se observa que el flujo es más alto para el diseño MAC-3, mientras que para los diseños MAC-1 y MAC-2 los flujos son más bajos y a menos porcentaje de asfalto permanecen dentro del rango establecido por la normativa Marshall.

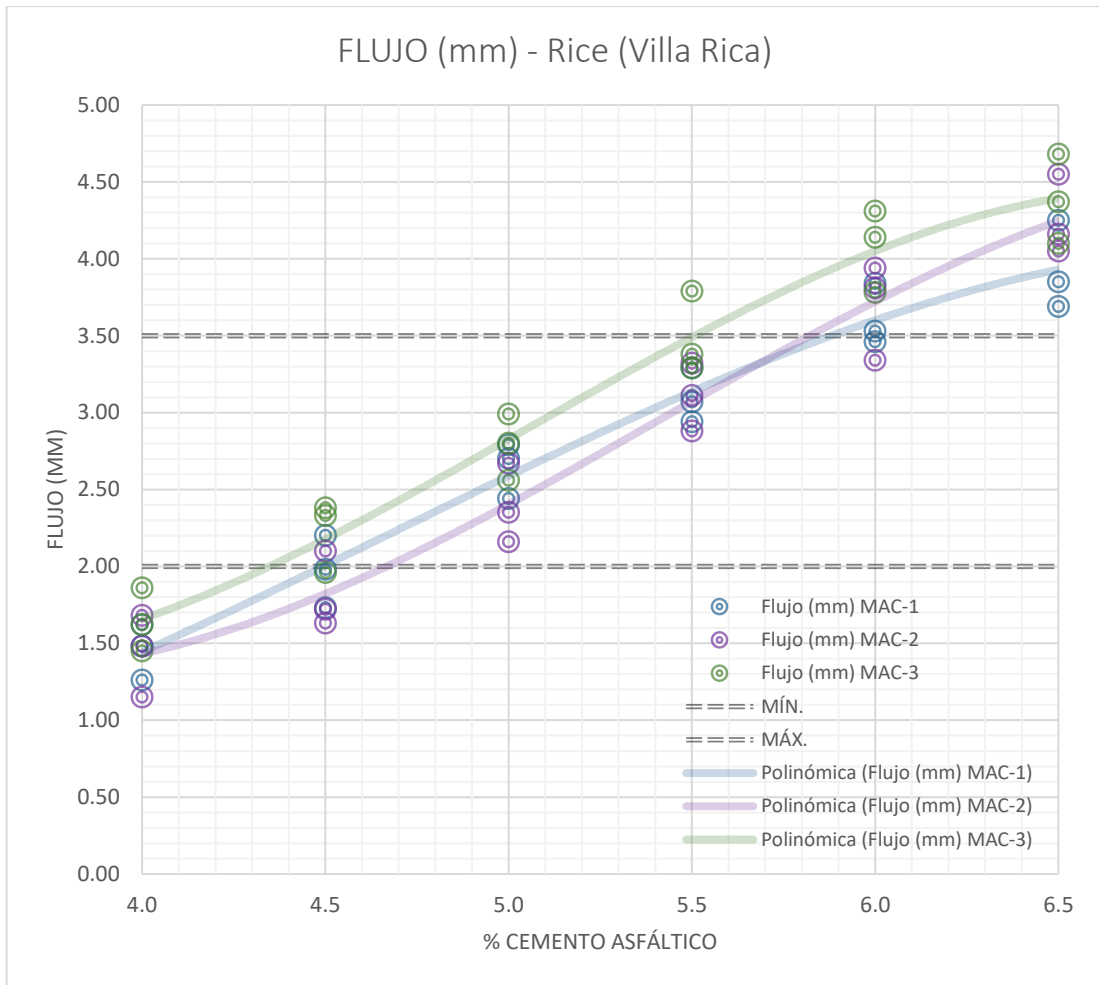


Figura 62. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) – Rice en Villa Rica

Fuente: Elaboración propia

En la figura 63, se presenta la gráfica resumen de la propiedad de estabilidad resultante para cada diseño al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la selva alta en Villa Rica. En la gráfica, se observa que la estabilidad es más baja para el diseño MAC-3, mientras que para los diseños MAC-1 y MAC-2 las estabilidades son más altas y a porcentajes de asfalto de 5.5% a 6% llegan a valores de estabilidad que superan los 1800 kg.

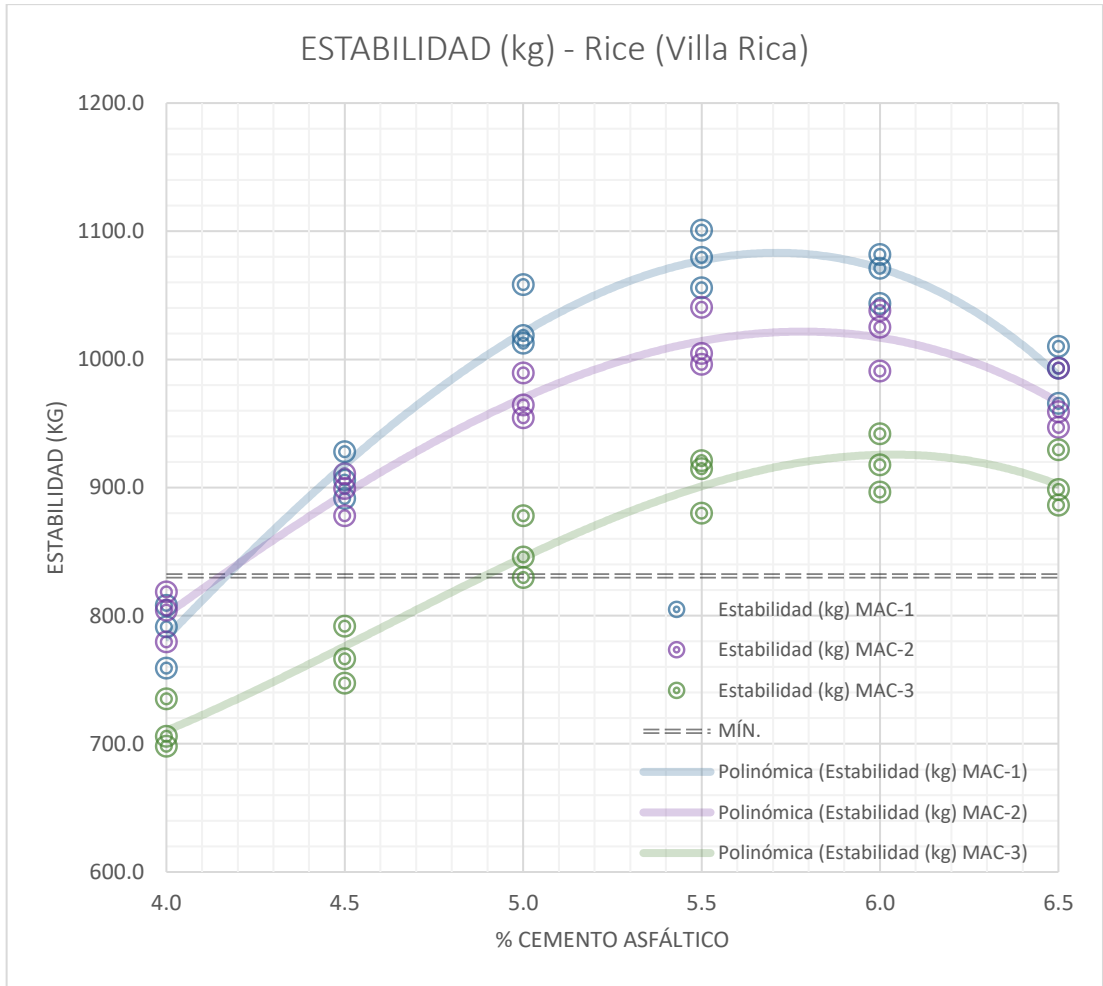


Figura 63. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) – Rice en Villa Rica

Fuente: Elaboración propia

**4.4.4.3. Propiedades mecánicas (Rice en Lima)**

En la figura 64, se presenta la gráfica resumen de la propiedad de porcentaje de vacíos resultante para cada diseño al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica a nivel del mar en Lima. En la gráfica, se observa que los porcentajes de vacíos resultantes del diseño MAC-3 son ligeramente superiores a los de los diseños por MAC-1 y MAC-2.



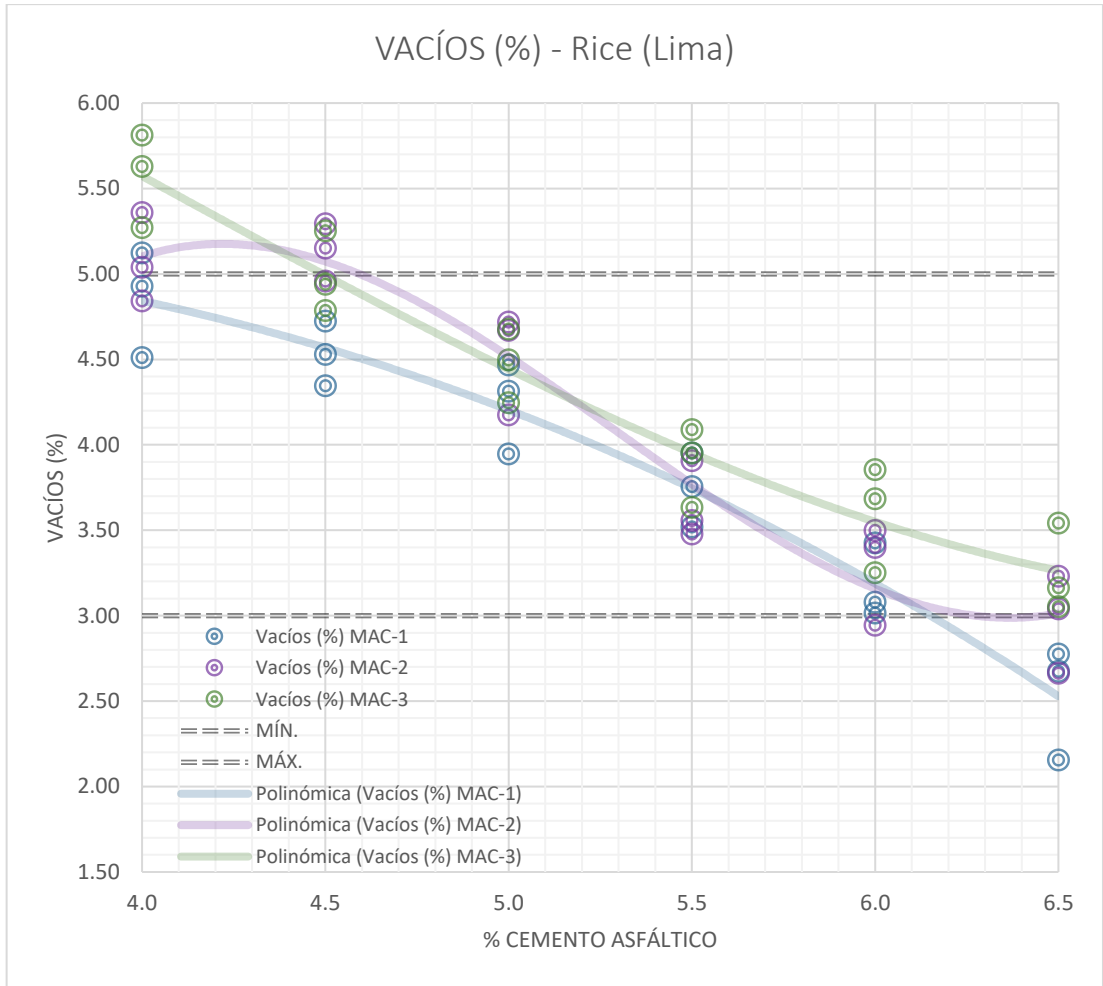


Figura 64. Vacíos (%) ante cemento asfáltico (%) – Rice en Lima

Fuente: Elaboración propia

En la figura 65, se presenta la gráfica resumen de la propiedad de flujo resultante para cada diseño al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica a nivel del mar en Lima. En la gráfica, se observa que el flujo es más alto para el diseño MAC-3, mientras que para los diseños MAC-1 y MAC-2 los flujos son más bajos y a menos porcentaje de asfalto permanecen dentro del rango establecido por la normativa Marshall.

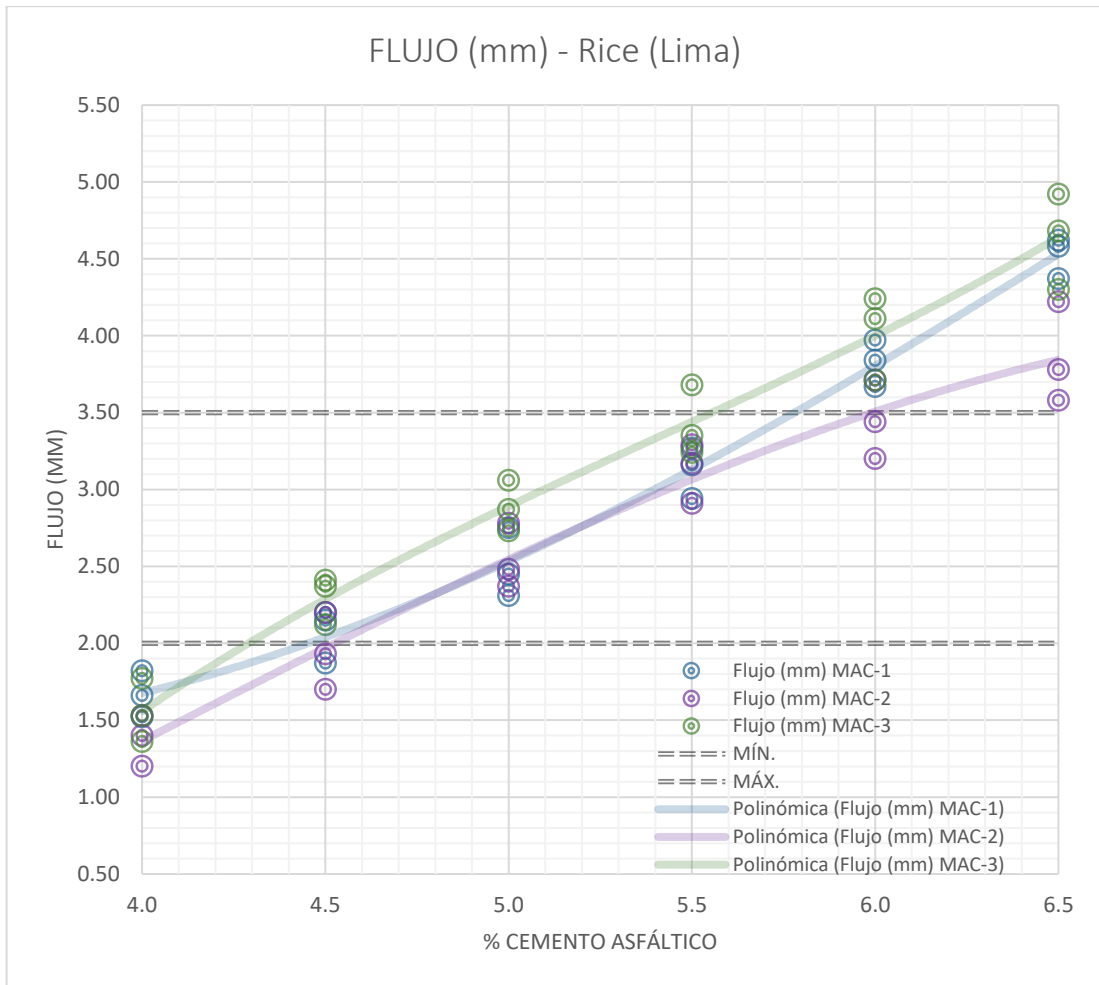


Figura 65. Flujo (mm) ante cemento asfáltico (%) – Rice en Lima

Fuente: Elaboración propia

En la figura 66, se presenta la gráfica resumen de la propiedad de estabilidad resultante para cada diseño al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica a nivel del mar en Lima. En la gráfica, se observa que la estabilidad es más baja para el diseño MAC-3, mientras que para los diseños MAC-1 y MAC-2 las estabilidades son más altas y a porcentajes de asfalto de 5.5% a 6% llegan a valores de estabilidad que superan los 1050 kg.

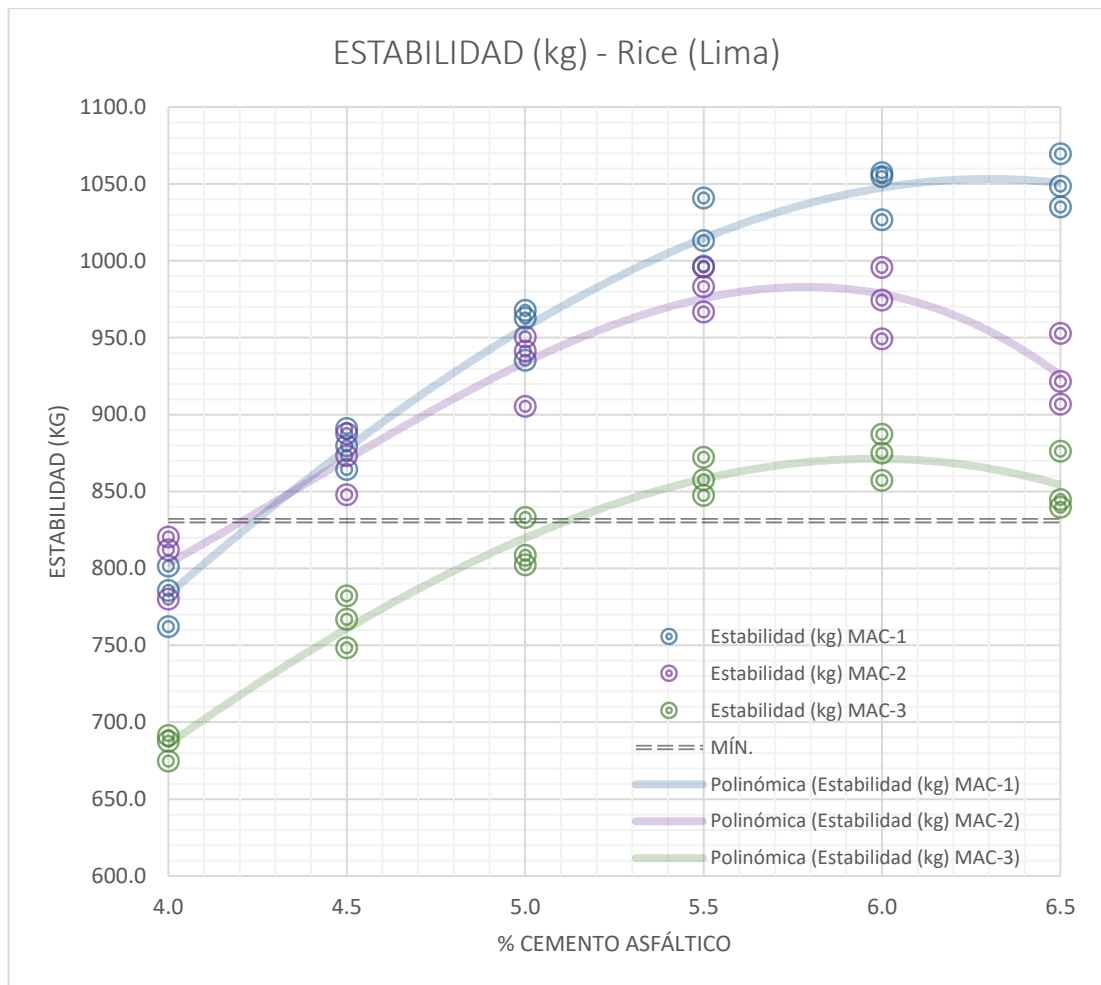


Figura 66. Estabilidad (kg) ante cemento asfáltico (%) – Rice en Lima

Fuente: Elaboración propia

#### 4.5. EFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA

Para determinar la medida en la que la presión atmosférica de la selva alta afecta la densidad teórica máxima de las mezclas asfálticas en caliente, se evaluará mediante diagramas de barras los resultados de óptimo contenido de cemento asfáltico, las propiedades de flujo y estabilidad para los diseños a distintas gradaciones.

En la figura 67, se presenta la gráfica de barras de los porcentajes óptimos de cemento asfáltico resultantes, agrupando los resultados según la gradación del diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3, y por cada nivel de presión atmosférica a la que se realizaron los ensayos de Rice, zona de estudio (Chanchamayo), selva alta (Villa Rica) y a nivel del mar (Lima). De la gráfica se obtiene que se requiere mayor porcentaje de cemento asfáltico para los diseños de gradación MAC-3 y menos para los de la gradación MAC-1. En caso del diseño MAC-1 el porcentaje óptimo de

cemento asfáltico con los resultados de Rice de Chanchamayo es de 5.15%, con los resultados de Rice de Villa Rica desciende un 4.08% y con los resultados de Rice de Lima aumenta un 1.36%. En caso del diseño MAC-2 el porcentaje óptimo de cemento asfáltico con los resultados de Rice de Chanchamayo es de 5.30%, con los resultados de Rice de Villa Rica desciende un 2.45% y con los resultados de Rice de Lima aumenta un 0.94%. Y en caso del diseño MAC-3 el porcentaje óptimo de cemento asfáltico con los resultados de Rice de Chanchamayo es de 5.37%, con los resultados de Rice de Villa Rica desciende un 1.49% y con los resultados de Rice de Lima aumenta un 1.49%.

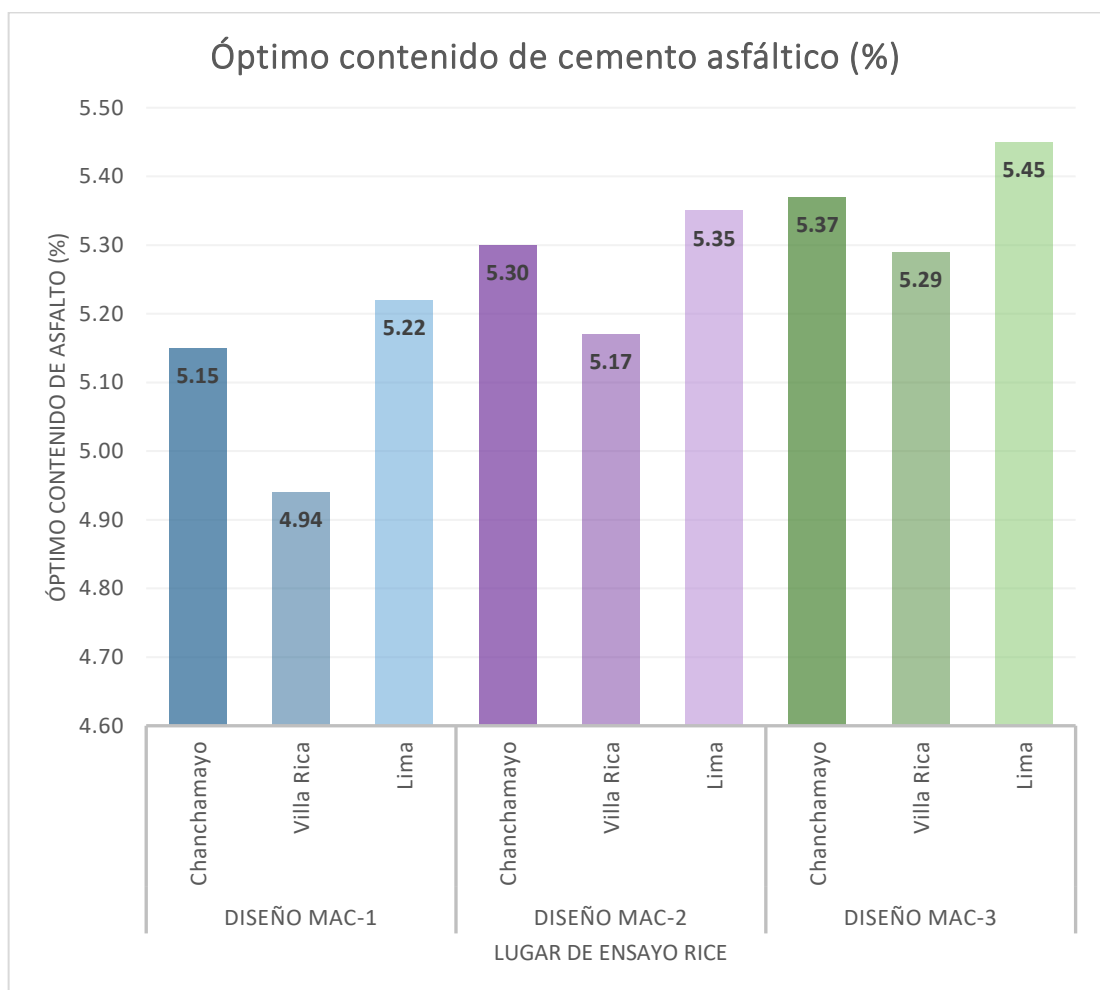


Figura 67. Porcentaje de óptimo contenido de cemento asfáltico (%) para cada diseño según lugar de ensayo de Rice

Fuente: Elaboración propia

En la figura 68, se presenta la gráfica de barras de los flujos resultantes, agrupando los resultados según la gradación del diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3, y por cada nivel de presión atmosférica a la que se realizaron los ensayos de Rice, zona de

estudio (Chanchamayo), selva alta (Villa Rica) y a nivel del mar (Lima). De la gráfica se obtiene que la fluencia es más alta para los diseños de gradación MAC-3 y baja para los de la gradación MAC-1. En caso del diseño MAC-1 el flujo con los resultados de Rice de Chanchamayo es de 2.71 mm, con los resultados de Rice de Villa Rica desciende un 7.75% y con los resultados de Rice de Lima aumenta un 2.95%. En caso del diseño MAC-2 el flujo con los resultados de Rice de Chanchamayo es de 2.80 mm, con los resultados de Rice de Villa Rica desciende un 5.71% y con los resultados de Rice de Lima aumenta un 3.93%. Y en caso del diseño MAC-3 el flujo con los resultados de Rice de Chanchamayo es de 3.32 mm, con los resultados de Rice de Villa Rica desciende un 2.41% y con los resultados de Rice de Lima aumenta un 1.51%.

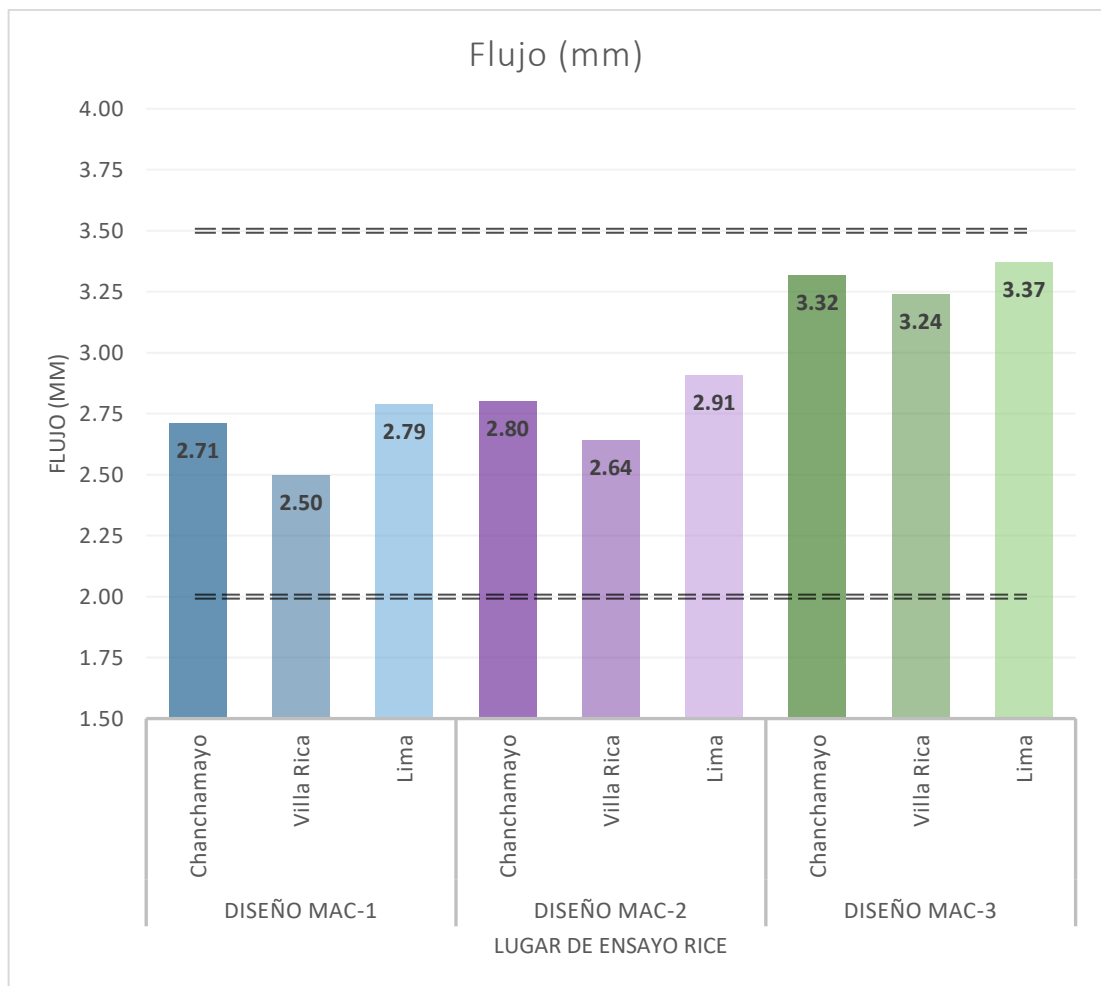


Figura 68. Flujo (mm) para cada diseño según lugar de ensayo de Rice

Fuente: Elaboración propia

En la figura 69, se presenta la gráfica de barras de las estabilidades resultantes, agrupando los resultados según la gradación del diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-

3, y por cada nivel de presión atmosférica a la que se realizaron los ensayos de Rice, zona de estudio (Chanchamayo), selva alta (Villa Rica) y a nivel del mar (Lima). De la gráfica se obtiene que la estabilidad es más alta para los diseños de gradación MAC-1 y baja para los de la gradación MAC-3. En caso del diseño MAC-1 la estabilidad con los resultados de Rice de Chanchamayo es de 962.2 kg, con los resultados de Rice de Villa Rica aumenta un 5.00% y con los resultados de Rice de Lima aumenta un 2.39%. En caso del diseño MAC-2 la estabilidad con los resultados de Rice de Chanchamayo es de 944.5 kg, con los resultados de Rice de Villa Rica aumenta un 4.84% y con los resultados de Rice de Lima aumenta un 2.50%. Y en caso del diseño MAC-3 la estabilidad con los resultados de Rice de Chanchamayo es de 845.7 kg, con los resultados de Rice de Villa Rica aumenta un 4.22% y con los resultados de Rice de Lima aumenta un 1.29%.

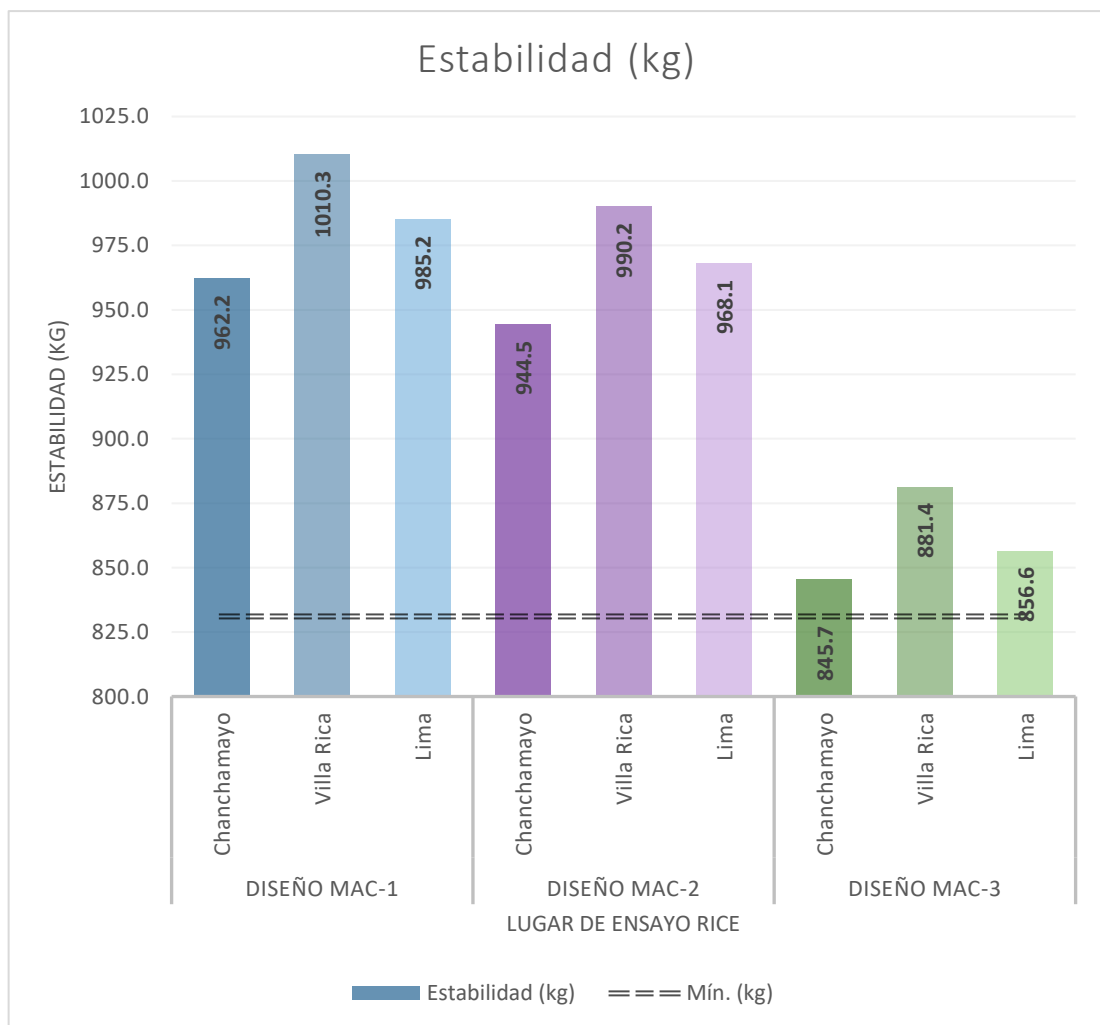


Figura 69. Estabilidad (kg) para cada diseño según lugar de ensayo de Rice

Fuente: Elaboración propia

## 4.6. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

### 4.6.1. Densidad teórica máxima (Ensayo Rice en Chanchamayo)

- **Detallado estadístico:**

En el siguiente esquema estadístico, se presentan los detallados resultantes de los datos registrados de densidad teórica máxima, resultante del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Chanchamayo, para el diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3 ante distintos porcentajes de cemento asfáltico en 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%.

Tabla 59. Detallado estadístico para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) para ensayo de Rice en Chanchamayo

	Cemento asfáltico (%)		Estadístico	Error estándar		
<b>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-1 Chanchamayo</b>	<b>4,00</b>	<b>Media</b>	2,53100	,002887		
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,51858		
			<b>Límite superior</b>	2,54342		
		<b>Media recortada al 5%</b>	.			
		<b>Mediana</b>	2,53100			
		<b>Varianza</b>	,000			
		<b>Desviación estándar</b>	,005000			
		<b>Mínimo</b>	2,526			
		<b>Máximo</b>	2,536			
		<b>Rango</b>	,010			
		<b>Rango intercuartil</b>	.			
		<b>Asimetría</b>	,000	1,225		
		<b>Curtosis</b>	.			
			<b>4,50</b>	<b>Media</b>	2,52800	,002848
				<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,51575
<b>Límite superior</b>	2,54025					
<b>Media recortada al 5%</b>	.					
<b>Mediana</b>	2,53033					
<b>Varianza</b>	,000					
<b>Desviación estándar</b>	,004933					
<b>Mínimo</b>	2,522					
<b>Máximo</b>	2,531					
<b>Rango</b>	,009					
<b>Rango intercuartil</b>	.					
<b>Asimetría</b>	-1,652			1,225		
<b>Curtosis</b>	.					
	<b>5,00</b>			<b>Media</b>	2,51300	,002404
				<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,50266
		<b>Límite superior</b>	2,52334			
		<b>Media recortada al 5%</b>	.			
		<b>Mediana</b>	2,51167			
		<b>Varianza</b>	,000			
		<b>Desviación estándar</b>	,004163			
		<b>Mínimo</b>	2,510			
		<b>Máximo</b>	2,518			
		<b>Rango</b>	,008			
		<b>Rango intercuartil</b>	.			
		<b>Asimetría</b>	1,293	1,225		
		<b>Curtosis</b>	.			

5,50	<b>Media</b>		2,50100	,002309		
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,49106			
		<b>Límite superior</b>	2,51094			
	<b>Media recortada al 5%</b>					
	<b>Mediana</b>		2,50100			
	<b>Varianza</b>		,000			
	<b>Desviación estándar</b>		,004000			
	<b>Mínimo</b>		2,497			
	<b>Máximo</b>		2,505			
	<b>Rango</b>		,008			
	<b>Rango intercuartil</b>					
	<b>Asimetría</b>		,000	1,225		
	<b>Curtosis</b>					
	6,00	<b>Media</b>		2,48800	,004096	
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,47038		
<b>Límite superior</b>			2,50562			
<b>Media recortada al 5%</b>						
<b>Mediana</b>			2,48667			
<b>Varianza</b>			,000			
<b>Desviación estándar</b>			,007095			
<b>Mínimo</b>			2,482			
<b>Máximo</b>			2,496			
<b>Rango</b>			,014			
<b>Rango intercuartil</b>						
<b>Asimetría</b>			,816	1,225		
<b>Curtosis</b>						
6,50		<b>Media</b>		2,47600	,003464	
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,46110		
	<b>Límite superior</b>		2,49090			
	<b>Media recortada al 5%</b>					
	<b>Mediana</b>		2,47600			
	<b>Varianza</b>		,000			
	<b>Desviación estándar</b>		,006000			
	<b>Mínimo</b>		2,470			
	<b>Máximo</b>		2,482			
	<b>Rango</b>		,012			
	<b>Rango intercuartil</b>					
	<b>Asimetría</b>		,000	1,225		
	<b>Curtosis</b>					
	<b>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-2 Chanchamayo</b>	4,00	<b>Media</b>		2,52867	,001764
			<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,52108	
<b>Límite superior</b>				2,53626		
<b>Media recortada al 5%</b>						
<b>Mediana</b>				2,52800		
<b>Varianza</b>				,000		
<b>Desviación estándar</b>				,003055		
<b>Mínimo</b>				2,526		
<b>Máximo</b>				2,532		
<b>Rango</b>				,006		
<b>Rango intercuartil</b>						
<b>Asimetría</b>				,935	1,225	
<b>Curtosis</b>						
4,50			<b>Media</b>		2,52533	,003180
			<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,51165	
	<b>Límite superior</b>	2,53901				
	<b>Media recortada al 5%</b>					
	<b>Mediana</b>		2,52500			
	<b>Varianza</b>		,000			
	<b>Desviación estándar</b>		,005508			
	<b>Mínimo</b>		2,520			
	<b>Máximo</b>		2,531			
	<b>Rango</b>		,011			
<b>Rango intercuartil</b>						



		<b>Asimetría</b>	,271	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
<b>5,00</b>		<b>Media</b>	2,51833	,002186
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	
			2,50893	
			2,52774	
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	.
		<b>Mediana</b>	2,52000	
		<b>Varianza</b>	,000	
		<b>Desviación estándar</b>	,003786	
		<b>Mínimo</b>	2,514	
		<b>Máximo</b>	2,521	
		<b>Rango</b>	,007	
		<b>Rango intercuartil</b>	.	.
		<b>Asimetría</b>	-1,597	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
<b>5,50</b>		<b>Media</b>	2,50067	,003283
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	
			2,48654	
			2,51479	
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	.
		<b>Mediana</b>	2,49900	
		<b>Varianza</b>	,000	
		<b>Desviación estándar</b>	,005686	
		<b>Mínimo</b>	2,496	
		<b>Máximo</b>	2,507	
		<b>Rango</b>	,011	
		<b>Rango intercuartil</b>	.	.
		<b>Asimetría</b>	1,206	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
<b>6,00</b>		<b>Media</b>	2,48533	,002404
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	
			2,47499	
			2,49568	
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	.
		<b>Mediana</b>	2,48400	
		<b>Varianza</b>	,000	
		<b>Desviación estándar</b>	,004163	
		<b>Mínimo</b>	2,482	
		<b>Máximo</b>	2,490	
		<b>Rango</b>	,008	
		<b>Rango intercuartil</b>	.	.
		<b>Asimetría</b>	1,293	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
<b>6,50</b>		<b>Media</b>	2,47933	,002404
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	
			2,46899	
			2,48968	
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	.
		<b>Mediana</b>	2,47800	
		<b>Varianza</b>	,000	
		<b>Desviación estándar</b>	,004163	
		<b>Mínimo</b>	2,476	
		<b>Máximo</b>	2,484	
		<b>Rango</b>	,008	
		<b>Rango intercuartil</b>	.	.
		<b>Asimetría</b>	1,293	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
<b>Densidad teórica máxima (gr/cm³) - Diseño MAC-3 Chanchamayo</b>	<b>4,00</b>	<b>Media</b>	2,53767	,001764
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	
			2,53008	
			2,54526	
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	.
		<b>Mediana</b>	2,53700	
		<b>Varianza</b>	,000	
		<b>Desviación estándar</b>	,003055	
		<b>Mínimo</b>	2,535	
		<b>Máximo</b>	2,541	

	<b>Rango</b>		,006	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		,935	1,225
	<b>Curtosis</b>			
<b>4,50</b>	<b>Media</b>		2,53700	,002309
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,52706	
		<b>Límite superior</b>	2,54694	
	<b>Media recortada al 5%</b>			
	<b>Mediana</b>		2,53700	
	<b>Varianza</b>		,000	
	<b>Desviación estándar</b>		,004000	
	<b>Mínimo</b>		2,533	
	<b>Máximo</b>		2,541	
	<b>Rango</b>		,008	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		,000	1,225
	<b>Curtosis</b>			
<b>5,00</b>	<b>Media</b>		2,52733	,002728
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,51559	
		<b>Límite superior</b>	2,53907	
	<b>Media recortada al 5%</b>			
	<b>Mediana</b>		2,52900	
	<b>Varianza</b>		,000	
	<b>Desviación estándar</b>		,004726	
	<b>Mínimo</b>		2,522	
	<b>Máximo</b>		2,531	
	<b>Rango</b>		,009	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		-1,390	1,225
	<b>Curtosis</b>			
<b>5,50</b>	<b>Media</b>		2,51200	,002309
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,50206	
		<b>Límite superior</b>	2,52194	
	<b>Media recortada al 5%</b>			
	<b>Mediana</b>		2,51200	
	<b>Varianza</b>		,000	
	<b>Desviación estándar</b>		,004000	
	<b>Mínimo</b>		2,508	
	<b>Máximo</b>		2,516	
	<b>Rango</b>		,008	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		,000	1,225
	<b>Curtosis</b>			
<b>6,00</b>	<b>Media</b>		2,49833	,001856
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,49035	
		<b>Límite superior</b>	2,50632	
	<b>Media recortada al 5%</b>			
	<b>Mediana</b>		2,49700	
	<b>Varianza</b>		,000	
	<b>Desviación estándar</b>		,003215	
	<b>Mínimo</b>		2,496	
	<b>Máximo</b>		2,502	
	<b>Rango</b>		,006	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		1,545	1,225
	<b>Curtosis</b>			
<b>6,50</b>	<b>Media</b>		2,49333	,002603
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,48213	
		<b>Límite superior</b>	2,50453	
	<b>Media recortada al 5%</b>			
	<b>Mediana</b>		2,49300	
	<b>Varianza</b>		,000	

<i>Desviación estándar</i>	,004509	
<i>Mínimo</i>	2,489	
<i>Máximo</i>	2,498	
<i>Rango</i>	,009	
<i>Rango intercuartil</i>	.	
<i>Asimetría</i>	,331	1,225
<i>Curtosis</i>	.	.

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

▪ **Distribución paramétrica:**

Para determinar la distribución de los resultados de la densidad teórica máxima resultante del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Chanchamayo para el diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3, se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Los resultados de densidad teórica máxima resultante del ensayo de Rice en Chanchamayo ante la variación del porcentaje de asfalto pertenecen a una distribución normal.

Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de densidad teórica máxima resultante del ensayo de Rice en Chanchamayo ante la variación del porcentaje de asfalto no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico, se obtiene que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 3, donde todas las significancias son mayores al máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable dependiente “Densidad teórica máxima (Chanchamayo)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico”.

Tabla 60. Distribución paramétrica para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) para ensayo de Rice en Chanchamayo

	Cemento asfáltico (%)	Kolmogorov-Smirnov <sup>2</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<i>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-1 Chanchamayo</i>	4,00	,175	3	.	1,000	3	1,000
	4,50	,349	3	.	,832	3	,194
	5,00	,292	3	.	,923	3	,463
	5,50	,175	3	.	1,000	3	1,000
	6,00	,241	3	.	,974	3	,688
	6,50	,175	3	.	1,000	3	1,000
<i>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-2 Chanchamayo</i>	4,00	,253	3	.	,964	3	,637
	4,50	,191	3	.	,997	3	,900
	5,00	,337	3	.	,855	3	,253
	5,50	,282	3	.	,936	3	,510
	6,00	,292	3	.	,923	3	,463
	6,50	,292	3	.	,923	3	,463

<i>Densidad teórica máxima (gr/cm³) - Diseño MAC-3 Chanchamayo</i>	<b>4,00</b>	,253	3	.	,964	3	,637
	<b>4,50</b>	,175	3	.	1,000	3	1,000
	<b>5,00</b>	,304	3	.	,907	3	,407
	<b>5,50</b>	,175	3	.	1,000	3	1,000
	<b>6,00</b>	,328	3	.	,871	3	,298
	<b>6,50</b>	,196	3	.	,996	3	,878

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

▪ **Prueba bivariada Pearson:**

Para la distribución de datos normal de los resultados de la densidad teórica máxima resultante del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Chanchamayo para el diseño MAC-1 ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de -0.969 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “Densidad teórica máxima (MAC-1 Chanchamayo)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico” es negativa muy alta. Para el diseño MAC-2 se obtuvo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de -0.961 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “Densidad teórica máxima (MAC-2 Chanchamayo)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico” es negativa muy alta. Y para el diseño MAC-3 se obtuvo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de -0.961 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “Densidad teórica máxima (MAC-3 Chanchamayo)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico” es negativa muy alta.

Tabla 61. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) MAC-1 para ensayo de Rice en Chanchamayo

		<b>Cemento asfáltico (%)</b>	<b>Densidad teórica máxima (gr/cm³) - Diseño MAC-1 Chanchamayo</b>
<b>Cemento asfáltico (%)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	1	-.969**
	<b>Sig. (bilateral)</b>		<.001
	<b>N</b>	18	18
<b>Densidad teórica máxima (gr/cm³) - Diseño MAC-1 Chanchamayo</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	-.969**	1
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<.001	
	<b>N</b>	18	18

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

Tabla 62. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) MAC-2 para ensayo de Rice en Chanchamayo

		Cemento asfáltico (%)	Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-2 Chanchamayo
<b>Cemento asfáltico (%)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	1	-.961**
	<b>Sig. (bilateral)</b>		<.001
	<b>N</b>	18	18
<b>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-2 Chanchamayo</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	-.961**	1
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<.001	
	<b>N</b>	18	18

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

Tabla 63. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) MAC-3 para ensayo de Rice en Chanchamayo

		Cemento asfáltico (%)	Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-3 Chanchamayo
<b>Cemento asfáltico (%)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	1	-.961**
	<b>Sig. (bilateral)</b>		<.001
	<b>N</b>	18	18
<b>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-3 Chanchamayo</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	-.961**	1
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<.001	
	<b>N</b>	18	18

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

▪ **Diagrama de burbujas:**

En el siguiente diagrama estadístico, se aprecia la gráfica de burbujas con las líneas de ajuste del análisis de la distribución normal entre la densidad teórica máxima resultante del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Chanchamayo para el diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3 y el porcentaje de cemento asfáltico, observando un comportamiento inversamente proporcional entre las variables con un R2 igual 0.952 para la densidad teórica máxima (MAC-1 Chanchamayo), un R2 igual 0.960 para la densidad teórica máxima (MAC-2 Chanchamayo) y un R2 igual 0.967 para la densidad teórica máxima (MAC-3 Chanchamayo).

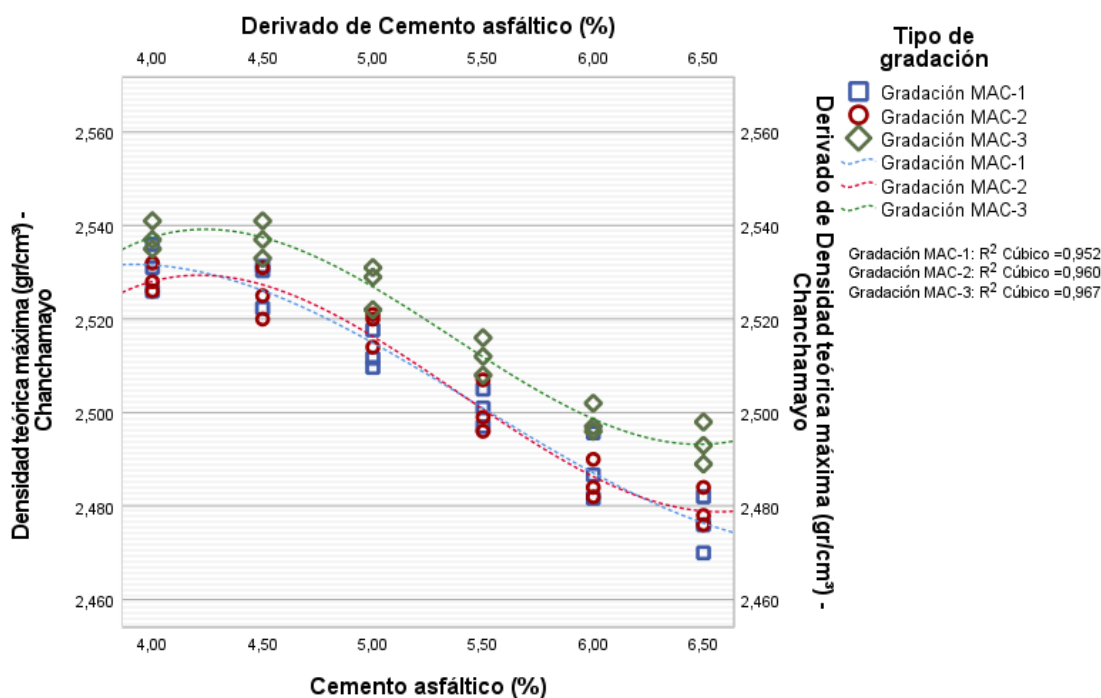


Figura 70. Diagrama de burbujas para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) para ensayo de Rice en Chanchamayo

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

#### 4.6.2. Densidad teórica máxima (Ensayo Rice en Villa Rica)

- **Detallado estadístico:**

En el siguiente esquema estadístico se presentan los detallados resultantes de los datos registrados de densidad teórica máxima, resultante del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la selva alta en Villa Rica, para el diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3 ante distintos porcentajes de cemento asfáltico en 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%.

Tabla 64. Detallado estadístico para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) para ensayo de Rice en Villa Rica

	Cemento asfáltico (%)		Estadístico	Error estándar
	4,00			
<b>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-1 Villa Rica</b>		<b>Media</b>	2,51967	,005239
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>		
		<b>Límite inferior</b>	2,49713	
		<b>Límite superior</b>	2,54221	
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	
		<b>Mediana</b>	2,51600	
		<b>Varianza</b>	,000	
		<b>Desviación estándar</b>	,009074	
		<b>Mínimo</b>	2,513	
		<b>Máximo</b>	2,530	
		<b>Rango</b>	,017	
	<b>Rango intercuartil</b>	.		
	<b>Asimetría</b>	1,521	1,225	

	<b>Curtosis</b>		
<b>4,50</b>	<b>Media</b>	2,51600	,004933
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	2,49478 2,53722
	<b>Media recortada al 5%</b>		
	<b>Mediana</b>	2,51500	
	<b>Varianza</b>	,000	
	<b>Desviación estándar</b>	,008544	
	<b>Mínimo</b>	2,508	
	<b>Máximo</b>	2,525	
	<b>Rango</b>	,017	
	<b>Rango intercuartil</b>		
	<b>Asimetría</b>	,519	1,225
	<b>Curtosis</b>		
<b>5,00</b>	<b>Media</b>	2,50367	,003180
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	2,48999 2,51735
	<b>Media recortada al 5%</b>		
	<b>Mediana</b>	2,50400	
	<b>Varianza</b>	,000	
	<b>Desviación estándar</b>	,005508	
	<b>Mínimo</b>	2,498	
	<b>Máximo</b>	2,509	
	<b>Rango</b>	,011	
	<b>Rango intercuartil</b>		
	<b>Asimetría</b>	-,271	1,225
	<b>Curtosis</b>		
<b>5,50</b>	<b>Media</b>	2,49600	,004359
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	2,47725 2,51475
	<b>Media recortada al 5%</b>		
	<b>Mediana</b>	2,49700	
	<b>Varianza</b>	,000	
	<b>Desviación estándar</b>	,007550	
	<b>Mínimo</b>	2,488	
	<b>Máximo</b>	2,503	
	<b>Rango</b>	,015	
	<b>Rango intercuartil</b>		
	<b>Asimetría</b>	-,586	1,225
	<b>Curtosis</b>		
<b>6,00</b>	<b>Media</b>	2,47200	,003606
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	2,45649 2,48751
	<b>Media recortada al 5%</b>		
	<b>Mediana</b>	2,47400	
	<b>Varianza</b>	,000	
	<b>Desviación estándar</b>	,006245	
	<b>Mínimo</b>	2,465	
	<b>Máximo</b>	2,477	
	<b>Rango</b>	,012	
	<b>Rango intercuartil</b>		
	<b>Asimetría</b>	-1,293	1,225
	<b>Curtosis</b>		
<b>6,50</b>	<b>Media</b>	2,45567	,002848
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	2,44341 2,46792
	<b>Media recortada al 5%</b>		
	<b>Mediana</b>	2,45800	
	<b>Varianza</b>	,000	
	<b>Desviación estándar</b>	,004933	
	<b>Mínimo</b>	2,450	
	<b>Máximo</b>	2,459	

<b>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-2 Villa Rica</b>	<b>4,00</b>	<b>Media</b>		2,52333	,004667		
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,50325			
			<b>Límite superior</b>	2,54341			
		<b>Media recortada al 5%</b>		.			
		<b>Mediana</b>		2,52200			
		<b>Varianza</b>		,000			
		<b>Desviación estándar</b>		,008083			
		<b>Mínimo</b>		2,516			
		<b>Máximo</b>		2,532			
		<b>Rango</b>		,016			
		<b>Rango intercuartil</b>		.			
		<b>Asimetría</b>		,722	1,225		
		<b>Curtosis</b>		.			
		<b>4,50</b>	<b>4,50</b>	<b>Media</b>		2,52033	,004333
				<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,50169	
<b>Límite superior</b>	2,53898						
<b>Media recortada al 5%</b>				.			
<b>Mediana</b>				2,52000			
<b>Varianza</b>				,000			
<b>Desviación estándar</b>				,007506			
<b>Mínimo</b>				2,513			
<b>Máximo</b>				2,528			
<b>Rango</b>				,015			
<b>Rango intercuartil</b>				.			
<b>Asimetría</b>				,199	1,225		
<b>Curtosis</b>				.			
<b>5,00</b>	<b>5,00</b>			<b>Media</b>		2,50467	,004256
				<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,48636	
		<b>Límite superior</b>	2,52298				
		<b>Media recortada al 5%</b>		.			
		<b>Mediana</b>		2,50200			
		<b>Varianza</b>		,000			
		<b>Desviación estándar</b>		,007371			
		<b>Mínimo</b>		2,499			
		<b>Máximo</b>		2,513			
		<b>Rango</b>		,014			
		<b>Rango intercuartil</b>		.			
		<b>Asimetría</b>		1,415	1,225		
		<b>Curtosis</b>		.			
		<b>5,50</b>	<b>5,50</b>	<b>Media</b>		2,48767	,003930
				<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,47076	
<b>Límite superior</b>	2,50458						
<b>Media recortada al 5%</b>				.			
<b>Mediana</b>				2,49000			
<b>Varianza</b>				,000			
<b>Desviación estándar</b>				,006807			
<b>Mínimo</b>				2,480			
<b>Máximo</b>				2,493			
<b>Rango</b>				,013			
<b>Rango intercuartil</b>				.			
<b>Asimetría</b>				-1,361	1,225		
<b>Curtosis</b>				.			
<b>6,00</b>	<b>6,00</b>			<b>Media</b>		2,47800	,003786
				<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,46171	
		<b>Límite superior</b>	2,49429				
		<b>Media recortada al 5%</b>		.			
		<b>Mediana</b>		2,47700			
		<b>Varianza</b>		,000			
		<b>Desviación estándar</b>		,006557			
		<b>Mínimo</b>		2,472			
		<b>Máximo</b>		2,485			
		<b>Rango</b>		,013			



		<b>Rango intercuartil</b>	.	.
		<b>Asimetría</b>	,670	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
	<b>6,50</b>	<b>Media</b>	2,46400	,004041
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	2,44661 2,48139
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	.
		<b>Mediana</b>	2,46100	.
		<b>Varianza</b>	,000	.
		<b>Desviación estándar</b>	,007000	.
		<b>Mínimo</b>	2,459	.
		<b>Máximo</b>	2,472	.
		<b>Rango</b>	,013	.
		<b>Rango intercuartil</b>	.	.
		<b>Asimetría</b>	1,574	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
<b>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-3 Villa Rica</b>	<b>4,00</b>	<b>Media</b>	2,53467	,002963
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	2,52192 2,54741
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	.
		<b>Mediana</b>	2,53600	.
		<b>Varianza</b>	,000	.
		<b>Desviación estándar</b>	,005132	.
		<b>Mínimo</b>	2,529	.
		<b>Máximo</b>	2,539	.
		<b>Rango</b>	,010	.
		<b>Rango intercuartil</b>	.	.
		<b>Asimetría</b>	-1,090	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
	<b>4,50</b>	<b>Media</b>	2,53167	,002728
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	2,51993 2,54341
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	.
		<b>Mediana</b>	2,53000	.
		<b>Varianza</b>	,000	.
		<b>Desviación estándar</b>	,004726	.
		<b>Mínimo</b>	2,528	.
		<b>Máximo</b>	2,537	.
		<b>Rango</b>	,009	.
		<b>Rango intercuartil</b>	.	.
		<b>Asimetría</b>	1,390	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
	<b>5,00</b>	<b>Media</b>	2,51667	,002728
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	2,50493 2,52841
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	.
		<b>Mediana</b>	2,51500	.
		<b>Varianza</b>	,000	.
		<b>Desviación estándar</b>	,004726	.
		<b>Mínimo</b>	2,513	.
		<b>Máximo</b>	2,522	.
		<b>Rango</b>	,009	.
		<b>Rango intercuartil</b>	.	.
		<b>Asimetría</b>	1,390	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
	<b>5,50</b>	<b>Media</b>	2,50200	,002887
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	2,48958 2,51442
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	.
		<b>Mediana</b>	2,50200	.
		<b>Varianza</b>	,000	.
		<b>Desviación estándar</b>	,005000	.

	<i>Mínimo</i>		2,497	
	<i>Máximo</i>		2,507	
	<i>Rango</i>		,010	
	<i>Rango intercuartil</i>		.	
	<i>Asimetría</i>		,000	1,225
	<i>Curtosis</i>		.	
6,00	<i>Media</i>		2,48633	,002028
	<i>95% de intervalo de confianza para la media</i>	<i>Límite inferior</i>	2,47761	
		<i>Límite superior</i>	2,49506	
	<i>Media recortada al 5%</i>		.	
	<i>Mediana</i>		2,48600	
	<i>Varianza</i>		,000	
	<i>Desviación estándar</i>		,003512	
	<i>Mínimo</i>		2,483	
	<i>Máximo</i>		2,490	
	<i>Rango</i>		,007	
	<i>Rango intercuartil</i>		.	
	<i>Asimetría</i>		,423	1,225
	<i>Curtosis</i>		.	
6,50	<i>Media</i>		2,48367	,002028
	<i>95% de intervalo de confianza para la media</i>	<i>Límite inferior</i>	2,47494	
		<i>Límite superior</i>	2,49239	
	<i>Media recortada al 5%</i>		.	
	<i>Mediana</i>		2,48400	
	<i>Varianza</i>		,000	
	<i>Desviación estándar</i>		,003512	
	<i>Mínimo</i>		2,480	
	<i>Máximo</i>		2,487	
	<i>Rango</i>		,007	
	<i>Rango intercuartil</i>		.	
	<i>Asimetría</i>		-,423	1,225
	<i>Curtosis</i>		.	

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

#### ▪ **Distribución paramétrica:**

Para determinar la distribución de los resultados de la densidad teórica máxima resultante del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Villa Rica para el diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3, se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Los resultados de densidad teórica máxima resultante del ensayo de Rice en Villa Rica ante la variación del porcentaje de asfalto pertenecen a una distribución normal.

Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de densidad teórica máxima resultante del ensayo de Rice en Villa Rica ante la variación del porcentaje de asfalto no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico, se obtiene que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por

Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 3, donde todas las significancias son mayores al máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable dependiente “Densidad teórica máxima (Villa Rica)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico”.

Tabla 65. Distribución paramétrica para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) para ensayo de Rice en Villa Rica

	Cemento asfáltico (%)	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<i>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-1 Villa Rica</i>	4,00	,324	3	.	,878	3	,317
	4,50	,213	3	.	,990	3	,806
	5,00	,191	3	.	,997	3	,900
	5,50	,219	3	.	,987	3	,780
	6,00	,292	3	.	,923	3	,463
	6,50	,349	3	.	,832	3	,194
<i>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-2 Villa Rica</i>	4,00	,232	3	.	,980	3	,726
	4,50	,184	3	.	,999	3	,927
	5,00	,308	3	.	,902	3	,391
	5,50	,301	3	.	,912	3	,424
	6,00	,227	3	.	,983	3	,747
	6,50	,333	3	.	,862	3	,274
<i>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-3 Villa Rica</i>	4,00	,269	3	.	,949	3	,567
	4,50	,304	3	.	,907	3	,407
	5,00	,304	3	.	,907	3	,407
	5,50	,175	3	.	1,000	3	1,000
	6,00	,204	3	.	,993	3	,843
	6,50	,204	3	.	,993	3	,843

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

▪ **Prueba bivariada Pearson:**

Para la distribución de datos normal de los resultados de la densidad teórica máxima resultante del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Villa Rica para el diseño MAC-1 ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de -0.943 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “Densidad teórica máxima (MAC-1 Villa Rica)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico” es negativa muy alta. Para el diseño MAC-2 se obtuvo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de -0.955 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “Densidad teórica máxima (MAC-2 Villa Rica)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico” es negativa muy alta. Y para el diseño MAC-3 se obtuvo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de -0.967 lo que nos

indica que la correlación entre la variable dependiente “Densidad teórica máxima (MAC-3 Villa Rica)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico” es negativa muy alta.

Tabla 66. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) MAC-1 para ensayo de Rice en Villa Rica

		Cemento asfáltico (%)	Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-1 Villa Rica
<b>Cemento asfáltico (%)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	1	-,943**
	<b>Sig. (bilateral)</b>		<.001
	<b>N</b>	18	18
<b>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-1 Villa Rica</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	-,943**	1
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<.001	
	<b>N</b>	18	18

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

Tabla 67. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) MAC-2 para ensayo de Rice en Villa Rica

		Cemento asfáltico (%)	Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-2 Villa Rica
<b>Cemento asfáltico (%)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	1	-,955**
	<b>Sig. (bilateral)</b>		<.001
	<b>N</b>	18	18
<b>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-2 Villa Rica</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	-,955**	1
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<.001	
	<b>N</b>	18	18

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

Tabla 68. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) MAC-3 para ensayo de Rice en Villa Rica

		Cemento asfáltico (%)	Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-3 Villa Rica
<b>Cemento asfáltico (%)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	1	-,967**
	<b>Sig. (bilateral)</b>		<.001
	<b>N</b>	18	18
<b>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-3 Villa Rica</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	-,967**	1
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<.001	
	<b>N</b>	18	18

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

▪ **Diagrama de burbujas:**

En el siguiente diagrama estadístico, se aprecia la gráfica de burbujas con las líneas de ajuste del análisis de la distribución normal entre la densidad teórica máxima resultante del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Villa Rica para el diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3 y el porcentaje de cemento asfáltico, observando un comportamiento inversamente proporcional entre las variables con un R2 igual 0.931 para la densidad teórica máxima (MAC-1 Villa Rica), un R2 igual 0.924 para la densidad teórica máxima (MAC-2 Villa Rica) y un R2 igual 0.967 para la densidad teórica máxima (MAC-3 Villa Rica).

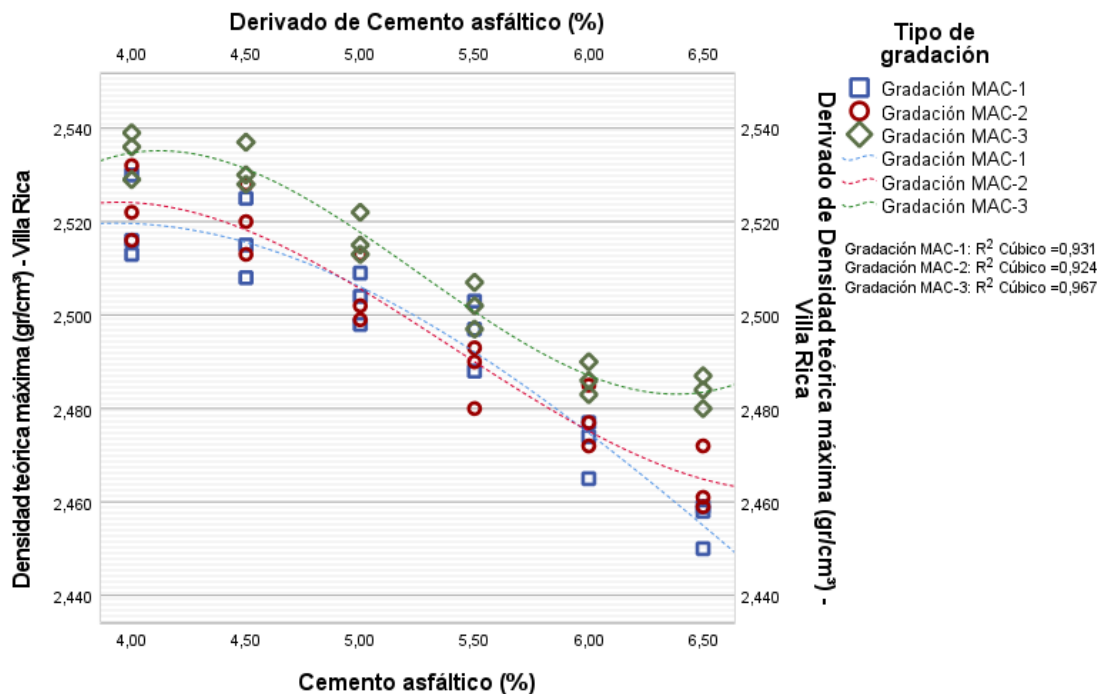


Figura 71. Diagrama de burbujas para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) para ensayo de Rice en Villa Rica

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

**4.6.3. Densidad teórica máxima (Ensayo Rice en Lima)**

▪ **Detallado estadístico:**

En el siguiente esquema estadístico, se presentan los detallados resultantes de los datos registrados de densidad teórica máxima, resultante del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica a nivel del mar en Lima, para el diseño MAC-1,

MAC-2 y MAC-3 ante distintos porcentajes de cemento asfáltico en 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%.

Tabla 69. Detallado estadístico para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) para ensayo de Rice en Lima

	Cemento asfáltico (%)		Estadístico	Error estándar			
<b>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-1 Lima</b>	<b>4,00</b>	<b>Media</b>	2,53200	,003215			
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,51817			
			<b>Límite superior</b>	2,54583			
		<b>Media recortada al 5%</b>					
		<b>Mediana</b>	2,53300				
		<b>Varianza</b>	,000				
		<b>Desviación estándar</b>	,005568				
		<b>Mínimo</b>	2,526				
		<b>Máximo</b>	2,537				
		<b>Rango</b>	,011				
		<b>Rango intercuartil</b>					
		<b>Asimetría</b>	-,782	1,225			
		<b>Curtosis</b>					
		<b>4,50</b>	<b>4,50</b>	<b>Media</b>	2,52867	,001764	
				<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,52108	
					<b>Límite superior</b>	2,53626	
				<b>Media recortada al 5%</b>			
				<b>Mediana</b>	2,52800		
				<b>Varianza</b>	,000		
<b>Desviación estándar</b>	,003055						
<b>Mínimo</b>	2,526						
<b>Máximo</b>	2,532						
<b>Rango</b>	,006						
<b>Rango intercuartil</b>							
<b>Asimetría</b>	,935			1,225			
<b>Curtosis</b>							
<b>5,00</b>	<b>5,00</b>			<b>Media</b>	2,51833	,003180	
				<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,50465	
					<b>Límite superior</b>	2,53201	
				<b>Media recortada al 5%</b>			
				<b>Mediana</b>	2,51800		
				<b>Varianza</b>	,000		
		<b>Desviación estándar</b>	,005508				
		<b>Mínimo</b>	2,513				
		<b>Máximo</b>	2,524				
		<b>Rango</b>	,011				
		<b>Rango intercuartil</b>					
		<b>Asimetría</b>	,271	1,225			
		<b>Curtosis</b>					
		<b>5,50</b>	<b>5,50</b>	<b>Media</b>	2,51067	,002028	
				<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,50194	
					<b>Límite superior</b>	2,51939	
				<b>Media recortada al 5%</b>			
				<b>Mediana</b>	2,51100		
				<b>Varianza</b>	,000		
<b>Desviación estándar</b>	,003512						
<b>Mínimo</b>	2,507						
<b>Máximo</b>	2,514						
<b>Rango</b>	,007						
<b>Rango intercuartil</b>							
<b>Asimetría</b>	-,423			1,225			
<b>Curtosis</b>							

	6,00	<b>Media</b>		2,49300	,002887		
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,48058			
			<b>Límite superior</b>	2,50542			
		<b>Media recortada al 5%</b>		.			
		<b>Mediana</b>		2,49300			
		<b>Varianza</b>		,000			
		<b>Desviación estándar</b>		,005000			
		<b>Mínimo</b>		2,488			
		<b>Máximo</b>		2,498			
		<b>Rango</b>		,010			
		<b>Rango intercuartil</b>		.			
		<b>Asimetría</b>		,000	1,225		
		<b>Curtosis</b>		.	.		
			6,50	<b>Media</b>		2,47933	,002728
				<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,46759	
<b>Límite superior</b>	2,49107						
<b>Media recortada al 5%</b>				.			
<b>Mediana</b>				2,48100			
<b>Varianza</b>				,000			
<b>Desviación estándar</b>				,004726			
<b>Mínimo</b>				2,474			
<b>Máximo</b>				2,483			
<b>Rango</b>				,009			
<b>Rango intercuartil</b>				.			
<b>Asimetría</b>				-1,390	1,225		
<b>Curtosis</b>				.	.		
<b>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-2 Lima</b>	4,00			<b>Media</b>		2,53367	,002906
				<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,52116	
		<b>Límite superior</b>	2,54617				
		<b>Media recortada al 5%</b>		.			
		<b>Mediana</b>		2,53300			
		<b>Varianza</b>		,000			
		<b>Desviación estándar</b>		,005033			
		<b>Mínimo</b>		2,529			
		<b>Máximo</b>		2,539			
		<b>Rango</b>		,010			
		<b>Rango intercuartil</b>		.			
		<b>Asimetría</b>		,586	1,225		
		<b>Curtosis</b>		.	.		
			4,50	<b>Media</b>		2,53033	,003283
				<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,51621	
<b>Límite superior</b>	2,54446						
<b>Media recortada al 5%</b>				.			
<b>Mediana</b>				2,53200			
<b>Varianza</b>				,000			
<b>Desviación estándar</b>				,005686			
<b>Mínimo</b>				2,524			
<b>Máximo</b>				2,535			
<b>Rango</b>				,011			
<b>Rango intercuartil</b>				.			
<b>Asimetría</b>				-1,206	1,225		
<b>Curtosis</b>				.	.		
	5,00			<b>Media</b>		2,52533	,001764
				<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,51774	
		<b>Límite superior</b>	2,53292				
		<b>Media recortada al 5%</b>		.			
		<b>Mediana</b>		2,52600			
		<b>Varianza</b>		,000			
		<b>Desviación estándar</b>		,003055			
		<b>Mínimo</b>		2,522			
		<b>Máximo</b>		2,528			
		<b>Rango</b>		,006			

		<b>Rango intercuartil</b>	.	.
		<b>Asimetría</b>	-,935	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
5,50		<b>Media</b>	2,50900	,003215
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	
			2,49517	
			2,52283	
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	.
		<b>Mediana</b>	2,50800	
		<b>Varianza</b>	,000	
		<b>Desviación estándar</b>	,005568	
		<b>Mínimo</b>	2,504	
		<b>Máximo</b>	2,515	
		<b>Rango</b>	,011	
		<b>Rango intercuartil</b>	.	.
		<b>Asimetría</b>	,782	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
6,00		<b>Media</b>	2,49167	,003844
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	
			2,47513	
			2,50821	
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	.
		<b>Mediana</b>	2,49000	
		<b>Varianza</b>	,000	
		<b>Desviación estándar</b>	,006658	
		<b>Mínimo</b>	2,486	
		<b>Máximo</b>	2,499	
		<b>Rango</b>	,013	
		<b>Rango intercuartil</b>	.	.
		<b>Asimetría</b>	1,056	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
6,50		<b>Media</b>	2,47200	,003055
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	
			2,45886	
			2,48514	
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	.
		<b>Mediana</b>	2,47000	
		<b>Varianza</b>	,000	
		<b>Desviación estándar</b>	,005292	
		<b>Mínimo</b>	2,468	
		<b>Máximo</b>	2,478	
		<b>Rango</b>	,010	
		<b>Rango intercuartil</b>	.	.
		<b>Asimetría</b>	1,458	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
<b>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-3 Lima</b>	4,00	<b>Media</b>	2,54633	,002603
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	
			2,53513	
			2,55753	
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	.
		<b>Mediana</b>	2,54600	
		<b>Varianza</b>	,000	
		<b>Desviación estándar</b>	,004509	
		<b>Mínimo</b>	2,542	
		<b>Máximo</b>	2,551	
		<b>Rango</b>	,009	
		<b>Rango intercuartil</b>	.	.
		<b>Asimetría</b>	,331	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
	4,50	<b>Media</b>	2,54133	,002728
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	
			2,52959	
			2,55307	
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	.
		<b>Mediana</b>	2,54300	
		<b>Varianza</b>	,000	
		<b>Desviación estándar</b>	,004726	



	<b>Mínimo</b>		2,536	
	<b>Máximo</b>		2,545	
	<b>Rango</b>		,009	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		-1,390	1,225
	<b>Curtosis</b>		.	
5,00	<b>Media</b>		2,53167	,002728
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,51993	
		<b>Límite superior</b>	2,54341	
	<b>Media recortada al 5%</b>		.	
	<b>Mediana</b>		2,53000	
	<b>Varianza</b>		,000	
	<b>Desviación estándar</b>		,004726	
	<b>Mínimo</b>		2,528	
	<b>Máximo</b>		2,537	
	<b>Rango</b>		,009	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		1,390	1,225
	<b>Curtosis</b>		.	
5,50	<b>Media</b>		2,51700	,003055
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,50386	
		<b>Límite superior</b>	2,53014	
	<b>Media recortada al 5%</b>		.	
	<b>Mediana</b>		2,51900	
	<b>Varianza</b>		,000	
	<b>Desviación estándar</b>		,005292	
	<b>Mínimo</b>		2,511	
	<b>Máximo</b>		2,521	
	<b>Rango</b>		,010	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		-1,458	1,225
	<b>Curtosis</b>		.	
6,00	<b>Media</b>		2,50300	,003055
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,48986	
		<b>Límite superior</b>	2,51614	
	<b>Media recortada al 5%</b>		.	
	<b>Mediana</b>		2,50500	
	<b>Varianza</b>		,000	
	<b>Desviación estándar</b>		,005292	
	<b>Mínimo</b>		2,497	
	<b>Máximo</b>		2,507	
	<b>Rango</b>		,010	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		-1,458	1,225
	<b>Curtosis</b>		.	
6,50	<b>Media</b>		2,48067	,002186
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,47126	
		<b>Límite superior</b>	2,49007	
	<b>Media recortada al 5%</b>		.	
	<b>Mediana</b>		2,47900	
	<b>Varianza</b>		,000	
	<b>Desviación estándar</b>		,003786	
	<b>Mínimo</b>		2,478	
	<b>Máximo</b>		2,485	
	<b>Rango</b>		,007	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		1,597	1,225
	<b>Curtosis</b>		.	

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

▪ **Distribución paramétrica:**

Para determinar la distribución de los resultados de la densidad teórica máxima resultante del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Lima para el diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3, se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Los resultados de densidad teórica máxima resultante del ensayo de Rice en Lima ante la variación del porcentaje de asfalto pertenecen a una distribución normal.

Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de densidad teórica máxima resultante del ensayo de Rice en Lima ante la variación del porcentaje de asfalto no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico, se obtiene que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 3, donde todas las significancias son mayores al máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable dependiente “Densidad teórica máxima (Lima)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico”.

Tabla 70. Distribución paramétrica para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) para ensayo de Rice en Lima

	Cemento asfáltico (%)	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<i>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-1 Lima</i>	4,00	,238	3	.	,976	3	,702
	4,50	,253	3	.	,964	3	,637
	5,00	,191	3	.	,997	3	,900
	5,50	,204	3	.	,993	3	,843
	6,00	,175	3	.	1,000	3	1,000
	6,50	,304	3	.	,907	3	,407
<i>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-2 Lima</i>	4,00	,219	3	.	,987	3	,780
	4,50	,282	3	.	,936	3	,510
	5,00	,253	3	.	,964	3	,637
	5,50	,238	3	.	,976	3	,702
	6,00	,265	3	.	,953	3	,583
	6,50	,314	3	.	,893	3	,363
<i>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-3 Lima</i>	4,00	,196	3	.	,996	3	,878
	4,50	,304	3	.	,907	3	,407
	5,00	,304	3	.	,907	3	,407
	5,50	,314	3	.	,893	3	,363
	6,00	,314	3	.	,893	3	,363
	6,50	,337	3	.	,855	3	,253

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

▪ **Prueba bivariada Pearson:**

Para la distribución de datos normal de los resultados de la densidad teórica máxima resultante del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Lima para el diseño MAC-1 ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de -0.959 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “Densidad teórica máxima (MAC-1 Lima)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico” es negativa muy alta. Para el diseño MAC-2 se obtuvo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de -0.946 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “Densidad teórica máxima (MAC-2 Lima)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico” es negativa muy alta. Y para el diseño MAC-3 se obtuvo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de -0.965 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “Densidad teórica máxima (MAC-3 Lima)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico” es negativa muy alta.

Tabla 71. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) MAC-1 para ensayo de Rice en Lima

		<b>Cemento asfáltico (%)</b>	<b>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-1 Lima</b>
<b>Cemento asfáltico (%)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	1	-.959**
	<b>Sig. (bilateral)</b>		<.001
	<b>N</b>	18	18
<b>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-1 Lima</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	-.959**	1
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<.001	
	<b>N</b>	18	18

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

Tabla 72. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) MAC-2 para ensayo de Rice en Lima

		Cemento asfáltico (%)	Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-2 Lima
Cemento asfáltico (%)	Correlación de Pearson	1	-.946**
	Sig. (bilateral)		<.001
	N	18	18
Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-2 Lima	Correlación de Pearson	-.946**	1
	Sig. (bilateral)	<.001	
	N	18	18

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

Tabla 73. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) MAC-3 para ensayo de Rice en Lima

		Cemento asfáltico (%)	Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-3 Lima
Cemento asfáltico (%)	Correlación de Pearson	1	-.965**
	Sig. (bilateral)		<.001
	N	18	18
Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-3 Lima	Correlación de Pearson	-.965**	1
	Sig. (bilateral)	<.001	
	N	18	18

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

▪ **Diagrama de burbujas:**

En el siguiente diagrama estadístico, se aprecia la gráfica de burbujas con las líneas de ajuste del análisis de la distribución normal entre la densidad teórica máxima resultante del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Lima para el diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3 y el porcentaje de cemento asfáltico, observando un comportamiento inversamente proporcional entre las variables con un R<sup>2</sup> igual 0.956 para la densidad teórica máxima (MAC-1 Lima), un R<sup>2</sup> igual 0.961 para la densidad teórica máxima (MAC-2 Lima) y un R<sup>2</sup> igual 0.971 para la densidad teórica máxima (MAC-3 Lima).

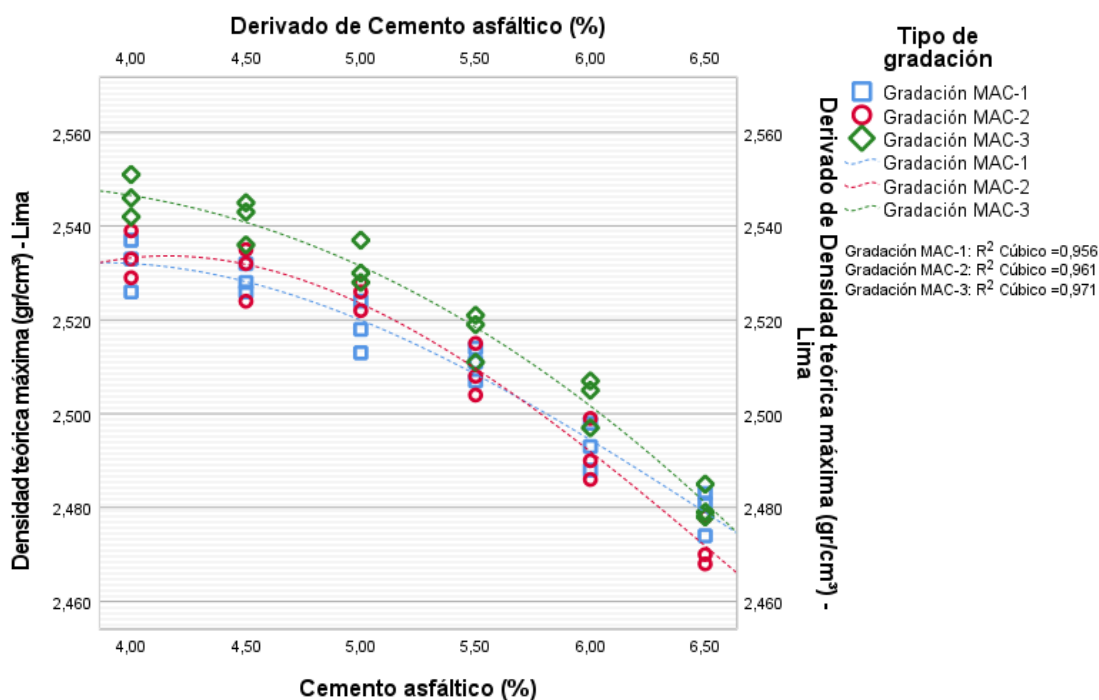


Figura 72. Diagrama de burbujas para densidad teórica máxima ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) para ensayo de Rice en Lima

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

#### 4.6.4. Porcentaje de vacíos (Ensayo Rice en Villa Rica)

- **Detallado estadístico:**

En el siguiente esquema estadístico, se presentan los detallados resultantes de los datos registrados de porcentaje de vacíos, resultante al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la selva alta en Villa Rica, para el diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3 ante distintos porcentajes de cemento asfáltico en 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%.

Tabla 74. Detallado estadístico para porcentaje de vacíos (%) Villa Rica

		Cemento asfáltico (%)	Estadístico	Error estándar
<b>Vacíos (%) - Diseño MAC-1 Villa Rica</b>	4,00	<b>Media</b>	5,0391	,12598
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>		
		<b>Límite inferior</b>	4,4971	
		<b>Límite superior</b>	5,5812	
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	
		<b>Mediana</b>	5,1179	
		<b>Varianza</b>	,048	
		<b>Desviación estándar</b>	,21821	
		<b>Mínimo</b>	4,79	
		<b>Máximo</b>	5,21	
		<b>Rango</b>	,41	
		<b>Rango intercuartil</b>	.	
		<b>Asimetría</b>	-1,412	1,225
	<b>Curtosis</b>	.	.	

4,50	<b>Media</b>		4,4359	,14413
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	3,8158	
		<b>Límite superior</b>	5,0561	
	<b>Media recortada al 5%</b>		.	
	<b>Mediana</b>		4,4482	
	<b>Varianza</b>		,062	
	<b>Desviación estándar</b>		,24964	
	<b>Mínimo</b>		4,18	
	<b>Máximo</b>		4,68	
	<b>Rango</b>		,50	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		-,221	1,225
	<b>Curtosis</b>		.	
5,00	<b>Media</b>		3,9206	,15899
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	3,2365	
		<b>Límite superior</b>	4,6047	
	<b>Media recortada al 5%</b>		.	
	<b>Mediana</b>		3,8284	
	<b>Varianza</b>		,076	
	<b>Desviación estándar</b>		,27539	
	<b>Mínimo</b>		3,70	
	<b>Máximo</b>		4,23	
	<b>Rango</b>		,53	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		1,337	1,225
	<b>Curtosis</b>		.	
5,50	<b>Media</b>		3,6222	,14914
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,9805	
		<b>Límite superior</b>	4,2638	
	<b>Media recortada al 5%</b>		.	
	<b>Mediana</b>		3,6983	
	<b>Varianza</b>		,067	
	<b>Desviación estándar</b>		,25831	
	<b>Mínimo</b>		3,33	
	<b>Máximo</b>		3,83	
	<b>Rango</b>		,50	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		-1,211	1,225
	<b>Curtosis</b>		.	
6,00	<b>Media</b>		2,9904	,17866
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,2217	
		<b>Límite superior</b>	3,7591	
	<b>Media recortada al 5%</b>		.	
	<b>Mediana</b>		3,0230	
	<b>Varianza</b>		,096	
	<b>Desviación estándar</b>		,30945	
	<b>Mínimo</b>		2,67	
	<b>Máximo</b>		3,28	
	<b>Rango</b>		,62	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		-,470	1,225
	<b>Curtosis</b>		.	
6,50	<b>Media</b>		2,5032	,12706
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	1,9565	
		<b>Límite superior</b>	3,0500	
	<b>Media recortada al 5%</b>		.	
	<b>Mediana</b>		2,4071	
	<b>Varianza</b>		,048	
	<b>Desviación estándar</b>		,22008	
	<b>Mínimo</b>		2,35	
	<b>Máximo</b>		2,76	
	<b>Rango</b>		,41	

		<b>Rango intercuartil</b>					
		<b>Asimetría</b>	1,590	1,225			
		<b>Curtosis</b>					
<b>Vacios (%) - Diseño MAC-2 Villa Rica</b>	<b>4,00</b>	<b>Media</b>	5,0233	,15603			
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	4,3520			
			<b>Límite superior</b>	5,6947			
		<b>Media recortada al 5%</b>					
		<b>Mediana</b>	5,0100				
		<b>Varianza</b>	,073				
		<b>Desviación estándar</b>	,27025				
		<b>Mínimo</b>	4,76				
		<b>Máximo</b>	5,30				
		<b>Rango</b>	,54				
		<b>Rango intercuartil</b>					
		<b>Asimetría</b>	,221	1,225			
		<b>Curtosis</b>					
		<b>4,50</b>	<b>4,50</b>	<b>Media</b>	4,7767	,12914	
				<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	4,2210	
					<b>Límite superior</b>	5,3323	
				<b>Media recortada al 5%</b>			
				<b>Mediana</b>	4,7300		
				<b>Varianza</b>	,050		
<b>Desviación estándar</b>	,22368						
<b>Mínimo</b>	4,58						
<b>Máximo</b>	5,02						
<b>Rango</b>	,44						
<b>Rango intercuartil</b>							
<b>Asimetría</b>	,898			1,225			
<b>Curtosis</b>							
<b>5,00</b>	<b>5,00</b>			<b>Media</b>	4,1033	,19099	
				<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	3,2816	
					<b>Límite superior</b>	4,9251	
				<b>Media recortada al 5%</b>			
				<b>Mediana</b>	4,1300		
				<b>Varianza</b>	,109		
		<b>Desviación estándar</b>	,33081				
		<b>Mínimo</b>	3,76				
		<b>Máximo</b>	4,42				
		<b>Rango</b>	,66				
		<b>Rango intercuartil</b>					
		<b>Asimetría</b>	-,360	1,225			
		<b>Curtosis</b>					
		<b>5,50</b>	<b>5,50</b>	<b>Media</b>	3,6133	,16496	
				<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,9036	
					<b>Límite superior</b>	4,3231	
				<b>Media recortada al 5%</b>			
				<b>Mediana</b>	3,4900		
				<b>Varianza</b>	,082		
<b>Desviación estándar</b>	,28572						
<b>Mínimo</b>	3,41						
<b>Máximo</b>	3,94						
<b>Rango</b>	,53						
<b>Rango intercuartil</b>							
<b>Asimetría</b>	1,581			1,225			
<b>Curtosis</b>							
<b>6,00</b>	<b>6,00</b>			<b>Media</b>	3,0167	,17938	
				<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,2448	
					<b>Límite superior</b>	3,7885	
				<b>Media recortada al 5%</b>			
				<b>Mediana</b>	3,1100		
				<b>Varianza</b>	,097		
<b>Desviación estándar</b>	,31070						

		<i>Minimo</i>	2,67	
		<i>Máximo</i>	3,27	
		<i>Rango</i>	,60	
		<i>Rango intercuartil</i>		
		<i>Asimetría</i>	-1,230	1,225
		<i>Curtosis</i>		
6,50		<i>Media</i>	2,4733	,12333
		<i>95% de intervalo de confianza para la media</i>	<i>Límite inferior</i> <i>Límite superior</i>	1,9427 3,0040
		<i>Media recortada al 5%</i>		
		<i>Mediana</i>	2,5600	
		<i>Varianza</i>	,046	
		<i>Desviación estándar</i>	,21362	
		<i>Minimo</i>	2,23	
		<i>Máximo</i>	2,63	
		<i>Rango</i>	,40	
		<i>Rango intercuartil</i>		
		<i>Asimetría</i>	-1,525	1,225
		<i>Curtosis</i>		
<b>Vacios (%) - Diseño MAC-3 Villa Rica</b>	<b>4,00</b>	<i>Media</i>	5,1900	,16668
		<i>95% de intervalo de confianza para la media</i>	<i>Límite inferior</i> <i>Límite superior</i>	4,4728 5,9072
		<i>Media recortada al 5%</i>		
		<i>Mediana</i>	5,3008	
		<i>Varianza</i>	,083	
		<i>Desviación estándar</i>	,28870	
		<i>Minimo</i>	4,86	
		<i>Máximo</i>	5,41	
		<i>Rango</i>	,54	
		<i>Rango intercuartil</i>		
		<i>Asimetría</i>	-1,473	1,225
		<i>Curtosis</i>		
	<b>4,50</b>	<i>Media</i>	4,7976	,14409
		<i>95% de intervalo de confianza para la media</i>	<i>Límite inferior</i> <i>Límite superior</i>	4,1777 5,4176
		<i>Media recortada al 5%</i>		
		<i>Mediana</i>	4,7815	
		<i>Varianza</i>	,062	
		<i>Desviación estándar</i>	,24957	
		<i>Minimo</i>	4,56	
		<i>Máximo</i>	5,05	
		<i>Rango</i>	,50	
		<i>Rango intercuartil</i>		
		<i>Asimetría</i>	,289	1,225
		<i>Curtosis</i>		
	<b>5,00</b>	<i>Media</i>	4,3956	,16588
		<i>95% de intervalo de confianza para la media</i>	<i>Límite inferior</i> <i>Límite superior</i>	3,6819 5,1093
		<i>Media recortada al 5%</i>		
		<i>Mediana</i>	4,2878	
		<i>Varianza</i>	,083	
		<i>Desviación estándar</i>	,28731	
		<i>Minimo</i>	4,18	
		<i>Máximo</i>	4,72	
		<i>Rango</i>	,54	
		<i>Rango intercuartil</i>		
		<i>Asimetría</i>	1,451	1,225
		<i>Curtosis</i>		
	<b>5,50</b>	<i>Media</i>	3,7765	,17800
		<i>95% de intervalo de confianza para la media</i>	<i>Límite inferior</i> <i>Límite superior</i>	3,0106 4,5423
		<i>Media recortada al 5%</i>		



	<b>Mediana</b>		3,6430	
	<b>Varianza</b>		,095	
	<b>Desviación estándar</b>		,30830	
	<b>Mínimo</b>		3,56	
	<b>Máximo</b>		4,13	
	<b>Rango</b>		,57	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		1,583	1,225
	<b>Curtosis</b>		.	.
<b>6,00</b>	<b>Media</b>		3,0874	,18098
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,3086	
		<b>Límite superior</b>	3,8661	
	<b>Media recortada al 5%</b>		.	
	<b>Mediana</b>		2,9826	
	<b>Varianza</b>		,098	
	<b>Desviación estándar</b>		,31347	
	<b>Mínimo</b>		2,84	
	<b>Máximo</b>		3,44	
	<b>Rango</b>		,60	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		1,336	1,225
	<b>Curtosis</b>		.	.
<b>6,50</b>	<b>Media</b>		2,6479	,18571
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	1,8488	
		<b>Límite superior</b>	3,4470	
	<b>Media recortada al 5%</b>		.	
	<b>Mediana</b>		2,5791	
	<b>Varianza</b>		,103	
	<b>Desviación estándar</b>		,32167	
	<b>Mínimo</b>		2,37	
	<b>Máximo</b>		3,00	
	<b>Rango</b>		,63	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		,919	1,225
	<b>Curtosis</b>		.	.

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

▪ **Distribución paramétrica:**

Para determinar la distribución de los resultados de porcentaje de vacíos, resultante al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la selva alta en Villa Rica para el diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3, se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Los resultados de porcentaje de vacíos resultante al emplear la densidad teórica máxima del ensayo de Rice en Villa Rica ante la variación del porcentaje de asfalto pertenecen a una distribución normal.

Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de porcentaje de vacíos resultante al emplear la densidad teórica máxima del ensayo de Rice en Villa Rica ante la variación del porcentaje de asfalto no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico, se obtiene que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 3, donde todas las significancias son mayores al máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable dependiente “Porcentaje de vacíos (Villa Rica)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico”.

Tabla 75. Distribución paramétrica para porcentaje de vacíos (%) Villa Rica

	Cemento asfáltico (%)	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>Vacíos (%) - Diseño MAC-1 Villa Rica</b>	4,00	,308	3	.	,902	3	,393
	4,50	,186	3	.	,998	3	,919
	5,00	,298	3	.	,916	3	,439
	5,50	,283	3	.	,935	3	,507
	6,00	,209	3	.	,992	3	,825
	6,50	,335	3	.	,857	3	,259
<b>Vacíos (%) - Diseño MAC-2 Villa Rica</b>	4,00	,186	3	.	,998	3	,918
	4,50	,249	3	.	,967	3	,653
	5,00	,199	3	.	,995	3	,867
	5,50	,334	3	.	,860	3	,268
	6,00	,285	3	.	,932	3	,497
	6,50	,324	3	.	,877	3	,314
<b>Vacíos (%) - Diseño MAC-3 Villa Rica</b>	4,00	,316	3	.	,889	3	,353
	4,50	,192	3	.	,997	3	,893
	5,00	,313	3	.	,894	3	,368
	5,50	,334	3	.	,859	3	,266
	6,00	,298	3	.	,916	3	,439
	6,50	,251	3	.	,966	3	,644

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

▪ **Prueba bivariada Pearson:**

Para la distribución de datos normal de los resultados de porcentaje de vacíos, resultante al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la selva alta en Villa Rica para el diseño MAC-1 ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de -0.968 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “Porcentaje de vacíos (MAC-1 Villa Rica)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico” es negativa muy alta. Para el diseño MAC-2 se obtuvo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de -0.966 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “Porcentaje de vacíos (MAC-2 Villa Rica)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico” es

negativa muy alta. Y para el diseño MAC-3 se obtuvo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de -0.961 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “Porcentaje de vacíos (MAC-3 Villa Rica)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico” es negativa muy alta.

Tabla 76. Prueba bivariada para porcentaje de vacíos (%) MAC-1 Villa Rica

		<b>Cemento asfáltico (%)</b>	<b>Vacios (%) - Diseño MAC-1 Villa Rica</b>
<b>Cemento asfáltico (%)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	1	-,968**
	<b>Sig. (bilateral)</b>		<.001
	<b>N</b>	18	18
<b>Vacios (%) - Diseño MAC-1 Villa Rica</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	-,968**	1
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<.001	
	<b>N</b>	18	18

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

Tabla 77. Prueba bivariada para porcentaje de vacíos (%) MAC-2 Villa Rica

		<b>Cemento asfáltico (%)</b>	<b>Vacios (%) - Diseño MAC-2 Villa Rica</b>
<b>Cemento asfáltico (%)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	1	-,966**
	<b>Sig. (bilateral)</b>		<.001
	<b>N</b>	18	18
<b>Vacios (%) - Diseño MAC-2 Villa Rica</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	-,966**	1
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<.001	
	<b>N</b>	18	18

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

Tabla 78. Prueba bivariada para porcentaje de vacíos (%) MAC-3 Villa Rica

		<b>Cemento asfáltico (%)</b>	<b>Vacios (%) - Diseño MAC-3 Villa Rica</b>
<b>Cemento asfáltico (%)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	1	-,961**
	<b>Sig. (bilateral)</b>		<.001
	<b>N</b>	18	18
<b>Vacios (%) - Diseño MAC-3 Villa Rica</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	-,961**	1
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<.001	
	<b>N</b>	18	18

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

- **Diagrama de burbujas:**

En el siguiente diagrama estadístico, se aprecia la gráfica de burbujas con las líneas de ajuste del análisis de la distribución normal entre el porcentaje de vacíos resultante al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la selva alta en Villa Rica para el diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3 y el porcentaje de cemento asfáltico, observando un comportamiento inversamente proporcional entre las variables con un R2 igual 0.939 para los vacíos (MAC-1 Villa Rica), un R2 igual 0.939 para los vacíos (MAC-2 Villa Rica) y un R2 igual 0.932 para los vacíos (MAC-3 Villa Rica).

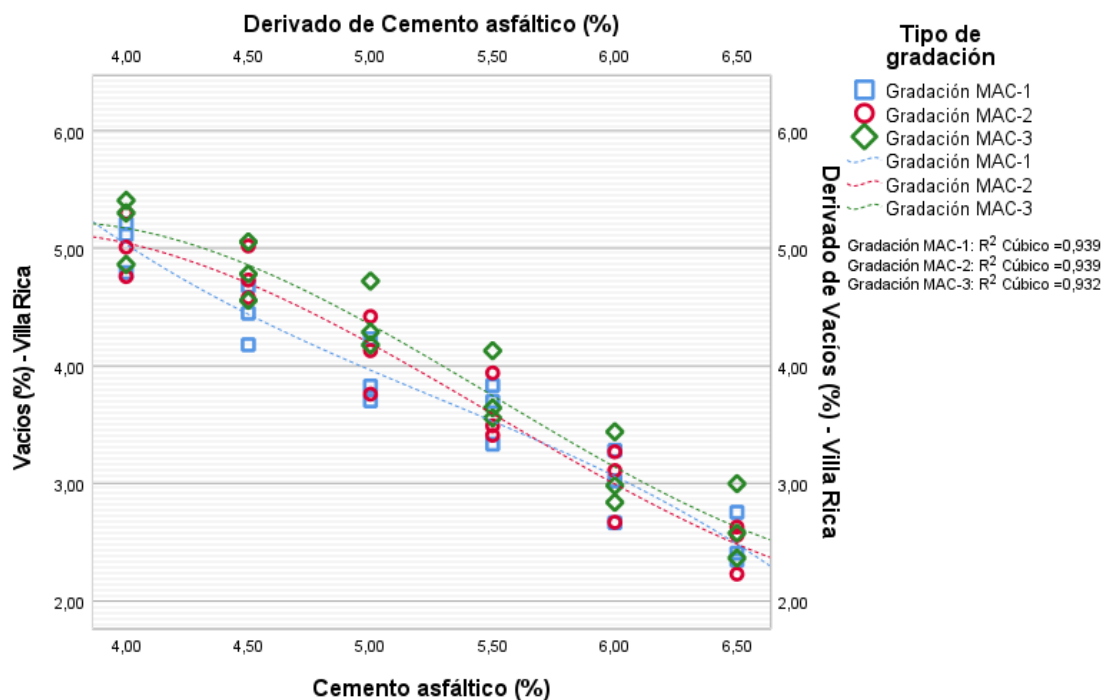


Figura 73. Diagrama de burbujas para porcentaje de vacíos (%) Villa Rica

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

#### 4.6.5. Flujo (Ensayo Rice en Villa Rica)

- **Detallado estadístico:**

En el siguiente esquema estadístico, se presentan los detallados resultantes de los datos registrados de flujo, resultante al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la selva alta en Villa Rica, para el diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3 ante distintos porcentajes de cemento asfáltico en 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%.

Tabla 79. Detallado estadístico para flujo (mm) Villa Rica

	Cemento asfáltico (%)		Estadístico	Error estándar		
Flujo (mm) - Diseño MAC-1 Villa Rica	4,00	Media	1,4533	,10477		
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,0025		
			Límite superior	1,9041		
		Media recortada al 5%	.			
		Mediana	1,4800			
		Varianza	,033			
		Desviación estándar	,18148			
		Mínimo	1,26			
		Máximo	1,62			
		Rango	,36			
		Rango intercuartil	.			
		Asimetría	-,647	1,225		
		Curtosis	.			
		4,50	4,50	Media	1,9700	,13577
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	1,3858
Límite superior	2,5542					
Media recortada al 5%	.					
Mediana	1,9800					
Varianza	,055					
Desviación estándar	,23516					
Mínimo	1,73					
Máximo	2,20					
Rango	,47					
Rango intercuartil	.					
Asimetría	-,191			1,225		
Curtosis	.					
5,00	5,00			Media	2,6433	,10493
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,1918
		Límite superior	3,0948			
		Media recortada al 5%	.			
		Mediana	2,7000			
		Varianza	,033			
		Desviación estándar	,18175			
		Mínimo	2,44			
		Máximo	2,79			
		Rango	,35			
		Rango intercuartil	.			
		Asimetría	-1,267	1,225		
		Curtosis	.			
		5,50	5,50	Media	3,1000	,10214
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,6605
Límite superior	3,5395					
Media recortada al 5%	.					
Mediana	3,0700					
Varianza	,031					
Desviación estándar	,17692					
Mínimo	2,94					
Máximo	3,29					
Rango	,35					
Rango intercuartil	.					
Asimetría	,741			1,225		
Curtosis	.					
6,00	6,00			Media	3,6100	,11676
				95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	3,1076
		Límite superior	4,1124			
		Media recortada al 5%	.			
		Mediana	3,5300			
Varianza	,041					

		<i>Desviación estándar</i>		,20224	
		<i>Mínimo</i>		3,46	
		<i>Máximo</i>		3,84	
		<i>Rango</i>		,38	
		<i>Rango intercuartil</i>		.	
		<i>Asimetría</i>		1,502	1,225
		<i>Curtosis</i>		.	.
	6,50	<i>Media</i>		3,9300	,16653
		<i>95% de intervalo de confianza para la media</i>	<i>Límite inferior</i>	3,2135	
			<i>Límite superior</i>	4,6465	
		<i>Media recortada al 5%</i>		.	
		<i>Mediana</i>		3,8500	
		<i>Varianza</i>		,083	
		<i>Desviación estándar</i>		,28844	
		<i>Mínimo</i>		3,69	
		<i>Máximo</i>		4,25	
		<i>Rango</i>		,56	
		<i>Rango intercuartil</i>		.	
		<i>Asimetría</i>		1,152	1,225
		<i>Curtosis</i>		.	.
<i>Flujo (mm) - Diseño MAC-2 Villa Rica</i>	4,00	<i>Media</i>		1,4367	,15452
		<i>95% de intervalo de confianza para la media</i>	<i>Límite inferior</i>	,7718	
			<i>Límite superior</i>	2,1015	
		<i>Media recortada al 5%</i>		.	
		<i>Mediana</i>		1,4800	
		<i>Varianza</i>		,072	
		<i>Desviación estándar</i>		,26764	
		<i>Mínimo</i>		1,15	
		<i>Máximo</i>		1,68	
		<i>Rango</i>		,53	
		<i>Rango intercuartil</i>		.	
		<i>Asimetría</i>		-,709	1,225
		<i>Curtosis</i>		.	.
	4,50	<i>Media</i>		1,8167	,14403
		<i>95% de intervalo de confianza para la media</i>	<i>Límite inferior</i>	1,1970	
			<i>Límite superior</i>	2,4364	
		<i>Media recortada al 5%</i>		.	
		<i>Mediana</i>		1,7200	
		<i>Varianza</i>		,062	
		<i>Desviación estándar</i>		,24947	
		<i>Mínimo</i>		1,63	
		<i>Máximo</i>		2,10	
		<i>Rango</i>		,47	
		<i>Rango intercuartil</i>		.	
		<i>Asimetría</i>		1,482	1,225
		<i>Curtosis</i>		.	.
	5,00	<i>Media</i>		2,3933	,14881
		<i>95% de intervalo de confianza para la media</i>	<i>Límite inferior</i>	1,7531	
			<i>Límite superior</i>	3,0336	
		<i>Media recortada al 5%</i>		.	
		<i>Mediana</i>		2,3500	
		<i>Varianza</i>		,066	
		<i>Desviación estándar</i>		,25775	
		<i>Mínimo</i>		2,16	
		<i>Máximo</i>		2,67	
		<i>Rango</i>		,51	
		<i>Rango intercuartil</i>		.	
		<i>Asimetría</i>		,735	1,225
		<i>Curtosis</i>		.	.
	5,50	<i>Media</i>		3,1033	,12706
		<i>95% de intervalo de confianza para la media</i>	<i>Límite inferior</i>	2,5566	
			<i>Límite superior</i>	3,6500	

		<b>Media recortada al 5%</b>		.	
		<b>Mediana</b>		3,1100	
		<b>Varianza</b>		,048	
		<b>Desviación estándar</b>		,22008	
		<b>Mínimo</b>		2,88	
		<b>Máximo</b>		3,32	
		<b>Rango</b>		,44	
		<b>Rango intercuartil</b>		.	
		<b>Asimetría</b>		-1,136	1,225
		<b>Curtosis</b>		.	
	<b>6,00</b>	<b>Media</b>		3,6967	,18224
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,9126	
			<b>Límite superior</b>	4,4808	
		<b>Media recortada al 5%</b>		.	
		<b>Mediana</b>		3,8100	
		<b>Varianza</b>		,100	
		<b>Desviación estándar</b>		,31565	
		<b>Mínimo</b>		3,34	
		<b>Máximo</b>		3,94	
		<b>Rango</b>		,60	
		<b>Rango intercuartil</b>		.	
		<b>Asimetría</b>		-1,407	1,225
		<b>Curtosis</b>		.	
	<b>6,50</b>	<b>Media</b>		4,2533	,15169
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	3,6006	
			<b>Límite superior</b>	4,9060	
		<b>Media recortada al 5%</b>		.	
		<b>Mediana</b>		4,1600	
		<b>Varianza</b>		,069	
		<b>Desviación estándar</b>		,26274	
		<b>Mínimo</b>		4,05	
		<b>Máximo</b>		4,55	
		<b>Rango</b>		,50	
		<b>Rango intercuartil</b>		.	
		<b>Asimetría</b>		1,397	1,225
		<b>Curtosis</b>		.	
<b>Flujo (mm) - Diseño MAC-3 Villa Rica</b>	<b>4,00</b>	<b>Media</b>		1,6433	,11893
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	1,1316	
			<b>Límite superior</b>	2,1550	
		<b>Media recortada al 5%</b>		.	
		<b>Mediana</b>		1,6200	
		<b>Varianza</b>		,042	
		<b>Desviación estándar</b>		,20599	
		<b>Mínimo</b>		1,45	
		<b>Máximo</b>		1,86	
		<b>Rango</b>		,41	
		<b>Rango intercuartil</b>		.	
		<b>Asimetría</b>		,503	1,225
		<b>Curtosis</b>		.	
	<b>4,50</b>	<b>Media</b>		2,2233	,13246
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	1,6534	
			<b>Límite superior</b>	2,7932	
		<b>Media recortada al 5%</b>		.	
		<b>Mediana</b>		2,3300	
		<b>Varianza</b>		,053	
		<b>Desviación estándar</b>		,22942	
		<b>Mínimo</b>		1,96	
		<b>Máximo</b>		2,38	
		<b>Rango</b>		,42	
		<b>Rango intercuartil</b>		.	
		<b>Asimetría</b>		-1,640	1,225
		<b>Curtosis</b>		.	

5,00	<b>Media</b>		2,7833	,12441
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	2,2480	
		<b>Límite superior</b>	3,3186	
	<b>Media recortada al 5%</b>		.	
	<b>Mediana</b>		2,8000	
	<b>Varianza</b>		,046	
	<b>Desviación estándar</b>		,21548	
	<b>Mínimo</b>		2,56	
	<b>Máximo</b>		2,99	
	<b>Rango</b>		,43	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		-,346	1,225
	<b>Curtosis</b>		.	.
	5,50	<b>Media</b>		3,4867
<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>		<b>Límite inferior</b>	2,8246	
		<b>Límite superior</b>	4,1487	
<b>Media recortada al 5%</b>			.	
<b>Mediana</b>			3,3800	
<b>Varianza</b>			,071	
<b>Desviación estándar</b>			,26652	
<b>Mínimo</b>			3,29	
<b>Máximo</b>			3,79	
<b>Rango</b>			,50	
<b>Rango intercuartil</b>			.	
<b>Asimetría</b>			1,513	1,225
<b>Curtosis</b>			.	.
6,00		<b>Media</b>		4,0767
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	3,4044	
		<b>Límite superior</b>	4,7489	
	<b>Media recortada al 5%</b>		.	
	<b>Mediana</b>		4,1400	
	<b>Varianza</b>		,073	
	<b>Desviación estándar</b>		,27062	
	<b>Mínimo</b>		3,78	
	<b>Máximo</b>		4,31	
	<b>Rango</b>		,53	
	<b>Rango intercuartil</b>		.	
	<b>Asimetría</b>		-,995	1,225
	<b>Curtosis</b>		.	.
	6,50	<b>Media</b>		4,3833
<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>		<b>Límite inferior</b>	3,6624	
		<b>Límite superior</b>	5,1043	
<b>Media recortada al 5%</b>			.	
<b>Mediana</b>			4,3700	
<b>Varianza</b>			,084	
<b>Desviación estándar</b>			,29023	
<b>Mínimo</b>			4,10	
<b>Máximo</b>			4,68	
<b>Rango</b>			,58	
<b>Rango intercuartil</b>			.	
<b>Asimetría</b>			,206	1,225
<b>Curtosis</b>			.	.

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

- **Distribución paramétrica:**

Para determinar la distribución de los resultados de flujo, resultante al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la selva alta



en Villa Rica para el diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3 se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Los resultados de flujo resultante al emplear la densidad teórica máxima del ensayo de Rice en Villa Rica ante la variación del porcentaje de asfalto pertenecen a una distribución normal.

Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de flujo resultante al emplear la densidad teórica máxima del ensayo de Rice en Villa Rica ante la variación del porcentaje de asfalto no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico, se obtiene que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 3, donde todas las significancias son mayores al máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable dependiente “Flujo (Villa Rica)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico”.

Tabla 80. Distribución paramétrica para flujo (mm) Villa Rica

	Cemento asfáltico (%)	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>Flujo (mm) - Diseño MAC-1 Villa Rica</b>	4,00	,225	3	.	,984	3	,756
	4,50	,184	3	.	,999	3	,930
	5,00	,289	3	.	,927	3	,478
	5,50	,234	3	.	,978	3	,719
	6,00	,320	3	.	,883	3	,332
	6,50	,276	3	.	,942	3	,537
<b>Flujo (mm) - Diseño MAC-2 Villa Rica</b>	4,00	,231	3	.	,980	3	,731
	4,50	,317	3	.	,887	3	,346
	5,00	,233	3	.	,979	3	,721
	5,50	,179	3	.	,999	3	,950
	6,00	,307	3	.	,903	3	,396
	6,50	,305	3	.	,905	3	,403
<b>Flujo (mm) - Diseño MAC-3 Villa Rica</b>	4,00	,212	3	.	,990	3	,812
	4,50	,346	3	.	,838	3	,209
	5,00	,197	3	.	,996	3	,872
	5,50	,322	3	.	,880	3	,324
	6,00	,259	3	.	,959	3	,610
	6,50	,185	3	.	,998	3	,924

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

▪ **Prueba bivariada Pearson:**

Para la distribución de datos normal de los resultados de flujo, resultante al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la selva alta en Villa Rica para el diseño MAC-1 ante la variación del porcentaje

de cemento asfáltico se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.976 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “Flujo (MAC-1 Villa Rica)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico” es positiva muy alta. Para el diseño MAC-2 se obtuvo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.975 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “Flujo (MAC-2 Villa Rica)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico” es positiva muy alta. Y para el diseño MAC-3 se obtuvo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.975 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “Flujo (MAC-3 Villa Rica)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico” es positiva muy alta.

Tabla 81. Prueba bivariada para flujo (mm) MAC-1 Villa Rica

		Cemento asfáltico (%)	Flujo (mm) - Diseño MAC-1 Villa Rica
<b>Cemento asfáltico (%)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	1	,976**
	<b>Sig. (bilateral)</b>		<.001
	<b>N</b>	18	18
<b>Flujo (mm) - Diseño MAC-1 Villa Rica</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	,976**	1
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<.001	
	<b>N</b>	18	18

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

Tabla 82. Prueba bivariada para flujo (mm) MAC-2 Villa Rica

		Cemento asfáltico (%)	Flujo (mm) - Diseño MAC-2 Villa Rica
<b>Cemento asfáltico (%)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	1	,975**
	<b>Sig. (bilateral)</b>		<.001
	<b>N</b>	18	18
<b>Flujo (mm) - Diseño MAC-2 Villa Rica</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	,975**	1
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<.001	
	<b>N</b>	18	18

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

Tabla 83. Prueba bivariada para flujo (mm) MAC-3 Villa Rica

		Cemento asfáltico (%)	Flujo (mm) - Diseño MAC-3 Villa Rica
Cemento asfáltico (%)	Correlación de Pearson	1	,975**
	Sig. (bilateral)		<.001
	N	18	18
Flujo (mm) - Diseño MAC-3 Villa Rica	Correlación de Pearson	,975**	1
	Sig. (bilateral)	<.001	
	N	18	18

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

■ **Diagrama de burbujas:**

En el siguiente diagrama estadístico, se aprecia la gráfica de burbujas con las líneas de ajuste del análisis de la distribución normal entre el flujo resultante al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la selva alta en Villa Rica para el diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3 y el porcentaje de cemento asfáltico, observando un comportamiento directamente proporcional entre las variables con un R2 igual 0.960 para el flujo (MAC-1 Villa Rica), un R2 igual 0.955 para el flujo (MAC-2 Villa Rica) y un R2 igual 0.958 para el flujo (MAC-3 Villa Rica).

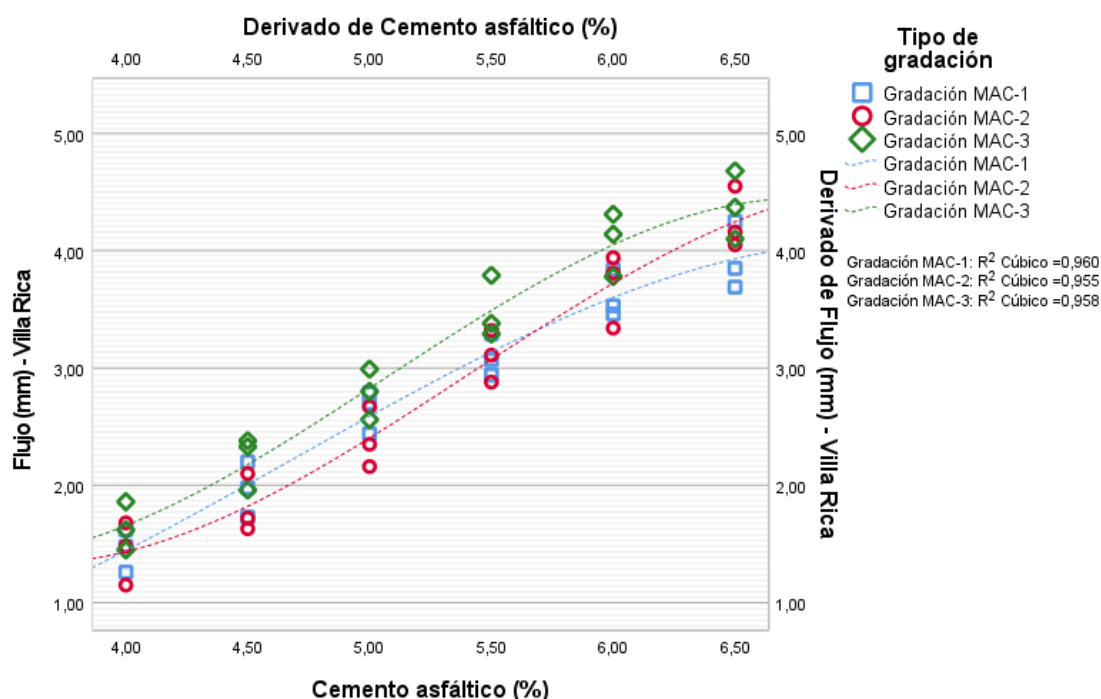


Figura 74. Diagrama de burbujas para flujo (mm) Villa Rica

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

#### 4.6.6. Estabilidad (Ensayo Rice en Villa Rica)

- **Detallado estadístico:**

En el siguiente esquema estadístico, se presentan los detallados resultantes de los datos registrados de estabilidad, resultante al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la selva alta en Villa Rica, para el diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3 ante distintos porcentajes de cemento asfáltico en 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5%.

Tabla 84. Detallado estadístico para estabilidad (kg) Villa Rica

	Cemento asfáltico (%)		Estadístico	Error estándar	
<b>Estabilidad (kg) - Diseño MAC-1 Villa Rica</b>	<b>4,00</b>	<b>Media</b>	786,033	14,3881	
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	724,126	
			<b>Límite superior</b>	847,940	
		<b>Media recortada al 5%</b>	.		
		<b>Mediana</b>	791,300		
		<b>Varianza</b>	621,053		
		<b>Desviación estándar</b>	24,9209		
		<b>Mínimo</b>	758,9		
		<b>Máximo</b>	807,9		
		<b>Rango</b>	49,0		
	<b>Rango intercuartil</b>	.			
	<b>Asimetría</b>	-,909	1,225		
	<b>Curtosis</b>	.	.		
	<b>4,50</b>	<b>Media</b>	908,200	10,5655	
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	862,740	
			<b>Límite superior</b>	953,660	
		<b>Media recortada al 5%</b>	.		
		<b>Mediana</b>	905,500		
		<b>Varianza</b>	334,890		
		<b>Desviación estándar</b>	18,3000		
<b>Mínimo</b>		891,4			
<b>Máximo</b>		927,7			
<b>Rango</b>		36,3			
<b>Rango intercuartil</b>	.				
<b>Asimetría</b>	,649	1,225			
<b>Curtosis</b>	.	.			
<b>5,00</b>	<b>Media</b>	1029,800	14,3514		
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	968,051		
		<b>Límite superior</b>	1091,549		
	<b>Media recortada al 5%</b>	.			
	<b>Mediana</b>	1018,500			
	<b>Varianza</b>	617,890			
	<b>Desviación estándar</b>	24,8574			
	<b>Mínimo</b>	1012,6			
	<b>Máximo</b>	1058,3			
	<b>Rango</b>	45,7			
<b>Rango intercuartil</b>	.				
<b>Asimetría</b>	1,623	1,225			
<b>Curtosis</b>	.	.			
<b>5,50</b>	<b>Media</b>	1078,600	12,9693		
	<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	1022,798		
		<b>Límite superior</b>	1134,402		
<b>Media recortada al 5%</b>	.				

		<b>Mediana</b>	1079,500	
		<b>Varianza</b>	504,610	
		<b>Desviación estándar</b>	22,4635	
		<b>Mínimo</b>	1055,7	
		<b>Máximo</b>	1100,6	
		<b>Rango</b>	44,9	
		<b>Rango intercuartil</b>	.	
		<b>Asimetría</b>	-,180	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
<b>6,00</b>		<b>Media</b>	1065,300	11,3773
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	1016,347 1114,253
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	.
		<b>Mediana</b>	1070,900	
		<b>Varianza</b>	388,330	
		<b>Desviación estándar</b>	19,7061	
		<b>Mínimo</b>	1043,4	
		<b>Máximo</b>	1081,6	
		<b>Rango</b>	38,2	
		<b>Rango intercuartil</b>	.	
		<b>Asimetría</b>	-1,176	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
<b>6,50</b>		<b>Media</b>	989,500	12,9867
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	933,623 1045,377
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	.
		<b>Mediana</b>	992,900	
		<b>Varianza</b>	505,960	
		<b>Desviación estándar</b>	22,4936	
		<b>Mínimo</b>	965,5	
		<b>Máximo</b>	1010,1	
		<b>Rango</b>	44,6	
		<b>Rango intercuartil</b>	.	
		<b>Asimetría</b>	-,665	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
<b>Estabilidad (kg) - Diseño MAC-2 Villa Rica</b>	<b>4,00</b>	<b>Media</b>	800,667	11,4170
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	751,543 849,790
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	.
		<b>Mediana</b>	804,100	
		<b>Varianza</b>	391,043	
		<b>Desviación estándar</b>	19,7748	
		<b>Mínimo</b>	779,4	
		<b>Máximo</b>	818,5	
		<b>Rango</b>	39,1	
		<b>Rango intercuartil</b>	.	
		<b>Asimetría</b>	-,758	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
	<b>4,50</b>	<b>Media</b>	895,867	9,6340
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b> <b>Límite superior</b>	854,415 937,319
		<b>Media recortada al 5%</b>	.	.
		<b>Mediana</b>	899,100	
		<b>Varianza</b>	278,443	
		<b>Desviación estándar</b>	16,6866	
		<b>Mínimo</b>	877,8	
		<b>Máximo</b>	910,7	
		<b>Rango</b>	32,9	
		<b>Rango intercuartil</b>	.	
		<b>Asimetría</b>	-,839	1,225
		<b>Curtosis</b>	.	.
	<b>5,00</b>	<b>Media</b>	969,300	10,3684

		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	924,688	
			<b>Límite superior</b>	1013,912	
		<b>Media recortada al 5%</b>			
		<b>Mediana</b>		964,400	
		<b>Varianza</b>		322,510	
		<b>Desviación estándar</b>		17,9586	
		<b>Mínimo</b>		954,3	
		<b>Máximo</b>		989,2	
		<b>Rango</b>		34,9	
		<b>Rango intercuartil</b>			
		<b>Asimetría</b>		1,136	1,225
		<b>Curtosis</b>			
	<b>5,50</b>	<b>Media</b>		1013,567	13,6392
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	954,882	
			<b>Límite superior</b>	1072,251	
		<b>Media recortada al 5%</b>			
		<b>Mediana</b>		1004,400	
		<b>Varianza</b>		558,083	
		<b>Desviación estándar</b>		23,6238	
		<b>Mínimo</b>		995,9	
		<b>Máximo</b>		1040,4	
		<b>Rango</b>		44,5	
		<b>Rango intercuartil</b>			
		<b>Asimetría</b>		1,483	1,225
		<b>Curtosis</b>			
	<b>6,00</b>	<b>Media</b>		1017,933	14,1167
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	957,194	
			<b>Límite superior</b>	1078,673	
		<b>Media recortada al 5%</b>			
		<b>Mediana</b>		1025,100	
		<b>Varianza</b>		597,843	
		<b>Desviación estándar</b>		24,4508	
		<b>Mínimo</b>		990,7	
		<b>Máximo</b>		1038,0	
		<b>Rango</b>		47,3	
		<b>Rango intercuartil</b>			
		<b>Asimetría</b>		-1,206	1,225
		<b>Curtosis</b>			
	<b>6,50</b>	<b>Media</b>		966,233	13,8463
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	906,657	
			<b>Límite superior</b>	1025,809	
		<b>Media recortada al 5%</b>			
		<b>Mediana</b>		959,000	
		<b>Varianza</b>		575,163	
		<b>Desviación estándar</b>		23,9826	
		<b>Mínimo</b>		946,7	
		<b>Máximo</b>		993,0	
		<b>Rango</b>		46,3	
		<b>Rango intercuartil</b>			
		<b>Asimetría</b>		1,234	1,225
		<b>Curtosis</b>			
<b>Estabilidad (kg) - Diseño MAC-3 Villa Rica</b>	<b>4,00</b>	<b>Media</b>		712,833	11,2607
		<b>95% de intervalo de confianza para la media</b>	<b>Límite inferior</b>	664,382	
			<b>Límite superior</b>	761,284	
		<b>Media recortada al 5%</b>			
		<b>Mediana</b>		705,700	
		<b>Varianza</b>		380,413	
		<b>Desviación estándar</b>		19,5042	
		<b>Mínimo</b>		697,9	
		<b>Máximo</b>		734,9	
		<b>Rango</b>		37,0	
		<b>Rango intercuartil</b>			

	<i>Asimetría</i>		1,426	1,225
	<i>Curtosis</i>		.	.
4,50	<i>Media</i>		768,367	12,8588
	<i>95% de intervalo de confianza para la media</i>	<i>Límite inferior</i>	713,040	
		<i>Límite superior</i>	823,693	
	<i>Media recortada al 5%</i>		.	.
	<i>Mediana</i>		766,300	
	<i>Varianza</i>		496,043	
	<i>Desviación estándar</i>		22,2720	
	<i>Mínimo</i>		747,2	
	<i>Máximo</i>		791,6	
	<i>Rango</i>		44,4	
	<i>Rango intercuartil</i>		.	.
	<i>Asimetría</i>		,414	1,225
	<i>Curtosis</i>		.	.
5,00	<i>Media</i>		851,067	14,1422
	<i>95% de intervalo de confianza para la media</i>	<i>Límite inferior</i>	790,218	
		<i>Límite superior</i>	911,916	
	<i>Media recortada al 5%</i>		.	.
	<i>Mediana</i>		845,700	
	<i>Varianza</i>		600,003	
	<i>Desviación estándar</i>		24,4950	
	<i>Mínimo</i>		829,7	
	<i>Máximo</i>		877,8	
	<i>Rango</i>		48,1	
	<i>Rango intercuartil</i>		.	.
	<i>Asimetría</i>		,939	1,225
	<i>Curtosis</i>		.	.
5,50	<i>Media</i>		905,133	12,7390
	<i>95% de intervalo de confianza para la media</i>	<i>Límite inferior</i>	850,322	
		<i>Límite superior</i>	959,945	
	<i>Media recortada al 5%</i>		.	.
	<i>Mediana</i>		914,700	
	<i>Varianza</i>		486,843	
	<i>Desviación estándar</i>		22,0645	
	<i>Mínimo</i>		879,9	
	<i>Máximo</i>		920,8	
	<i>Rango</i>		40,9	
	<i>Rango intercuartil</i>		.	.
	<i>Asimetría</i>		-1,584	1,225
	<i>Curtosis</i>		.	.
6,00	<i>Media</i>		918,533	13,1449
	<i>95% de intervalo de confianza para la media</i>	<i>Límite inferior</i>	861,975	
		<i>Límite superior</i>	975,091	
	<i>Media recortada al 5%</i>		.	.
	<i>Mediana</i>		917,500	
	<i>Varianza</i>		518,363	
	<i>Desviación estándar</i>		22,7676	
	<i>Mínimo</i>		896,3	
	<i>Máximo</i>		941,8	
	<i>Rango</i>		45,5	
	<i>Rango intercuartil</i>		.	.
	<i>Asimetría</i>		,204	1,225
	<i>Curtosis</i>		.	.
6,50	<i>Media</i>		904,600	12,7943
	<i>95% de intervalo de confianza para la media</i>	<i>Límite inferior</i>	849,551	
		<i>Límite superior</i>	959,649	
	<i>Media recortada al 5%</i>		.	.
	<i>Mediana</i>		898,400	
	<i>Varianza</i>		491,080	
	<i>Desviación estándar</i>		22,1603	
	<i>Mínimo</i>		886,2	

<b>Máximo</b>	929,2	
<b>Rango</b>	43,0	
<b>Rango intercuartil</b>	.	
<b>Asimetría</b>	1,160	1,225
<b>Curtosis</b>	.	.

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

▪ **Distribución paramétrica:**

Para determinar la distribución de los resultados de estabilidad, resultante al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la selva alta en Villa Rica para el diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3 se plantean las siguientes hipótesis:

Ho (Hipótesis nula): Los resultados de estabilidad resultante al emplear la densidad teórica máxima del ensayo de Rice en Villa Rica ante la variación del porcentaje de asfalto pertenecen a una distribución normal.

Ha (Hipótesis alterna): Los resultados de estabilidad resultante al emplear la densidad teórica máxima del ensayo de Rice en Villa Rica ante la variación del porcentaje de asfalto no pertenecen a una distribución normal.

En el siguiente esquema estadístico, se obtiene que los datos pertenecen a una distribución normal, bajo la interpretación estadística que señala un análisis por Shapiro-Wilk para grados de libertad igual a 3, donde todas las significancias son mayores al máximo establecido de 0,05 como valor de referencia. Para la variable dependiente “Estabilidad (Villa Rica)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico”.

Tabla 85. Distribución paramétrica para estabilidad (kg) Villa Rica

	Cemento asfáltico (%)	Kolmogorov-Smirnov <sup>2</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
<b>Estabilidad (kg) - Diseño MAC-1 Villa Rica</b>	4,00	,250	3	.	,967	3	,648
	4,50	,225	3	.	,984	3	,755
	5,00	,342	3	.	,845	3	,227
	5,50	,183	3	.	,999	3	,934
	6,00	,279	3	.	,939	3	,525
	6,50	,227	3	.	,983	3	,749
<b>Estabilidad (kg) - Diseño MAC-2 Villa Rica</b>	4,00	,236	3	.	,977	3	,712
	4,50	,243	3	.	,972	3	,678
	5,00	,274	3	.	,944	3	,544
	5,50	,318	3	.	,887	3	,345
	6,00	,282	3	.	,936	3	,510
	6,50	,285	3	.	,932	3	,495
<b>Estabilidad (kg) - Diseño MAC-3 Villa Rica</b>	4,00	,309	3	.	,900	3	,384
	4,50	,204	3	.	,994	3	,846
	5,00	,253	3	.	,964	3	,635
	5,50	,334	3	.	,859	3	,265



6,00	,185	3	.	,998	3	,925
6,50	,277	3	.	,941	3	,533

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

▪ **Prueba bivariada Pearson:**

Para la distribución de datos normal de los resultados de estabilidad, resultante al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la selva alta en Villa Rica para el diseño MAC-1 ante la variación del porcentaje de cemento asfáltico se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.725 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “Estabilidad (MAC-1 Villa Rica)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico” es positiva alta. Para el diseño MAC-2 se obtuvo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.779 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “Estabilidad (MAC-2 Villa Rica)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico” es positiva alta. Y para el diseño MAC-3 se obtuvo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.898 lo que nos indica que la correlación entre la variable dependiente “Estabilidad (MAC-3 Villa Rica)” en función de la variable independiente “Porcentaje de cemento asfáltico” es positiva muy alta.

Tabla 86. Prueba bivariada para estabilidad (kg) MAC-1 Villa Rica

		Cemento asfáltico (%)	Estabilidad (kg) - Diseño MAC-1 Villa Rica
<b>Cemento asfáltico (%)</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	1	,725**
	<b>Sig. (bilateral)</b>		<.001
	<b>N</b>	18	18
<b>Estabilidad (kg) - Diseño MAC-1 Villa Rica</b>	<b>Correlación de Pearson</b>	,725**	1
	<b>Sig. (bilateral)</b>	<.001	
	<b>N</b>	18	18

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

Tabla 87. Prueba bivariada para estabilidad (kg) MAC-2 Villa Rica

		Cemento asfáltico (%)	Estabilidad (kg) - Diseño MAC-2 Villa Rica
Cemento asfáltico (%)	Correlación de Pearson	1	,779**
	Sig. (bilateral)		<.001
	N	18	18
Estabilidad (kg) - Diseño MAC-2 Villa Rica	Correlación de Pearson	,779**	1
	Sig. (bilateral)	<.001	
	N	18	18

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

Tabla 88. Prueba bivariada para estabilidad (kg) MAC-3 Villa Rica

		Cemento asfáltico (%)	Estabilidad (kg) - Diseño MAC-3 Villa Rica
Cemento asfáltico (%)	Correlación de Pearson	1	,898**
	Sig. (bilateral)		<.001
	N	18	18
Estabilidad (kg) - Diseño MAC-3 Villa Rica	Correlación de Pearson	,898**	1
	Sig. (bilateral)	<.001	
	N	18	18

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

▪ **Diagrama de burbujas:**

En el siguiente diagrama estadístico, se aprecia la gráfica de burbujas con las líneas de ajuste del análisis de la distribución normal entre el estabilidad resultante al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la selva alta en Villa Rica para el diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3 y el porcentaje de cemento asfáltico, observando un comportamiento directamente proporcional entre las variables con un R2 igual 0.966 para el estabilidad (MAC-1 Villa Rica), un R2 igual 0.950 para el estabilidad (MAC-2 Villa Rica) y un R2 igual 0.943 para el estabilidad (MAC-3 Villa Rica).

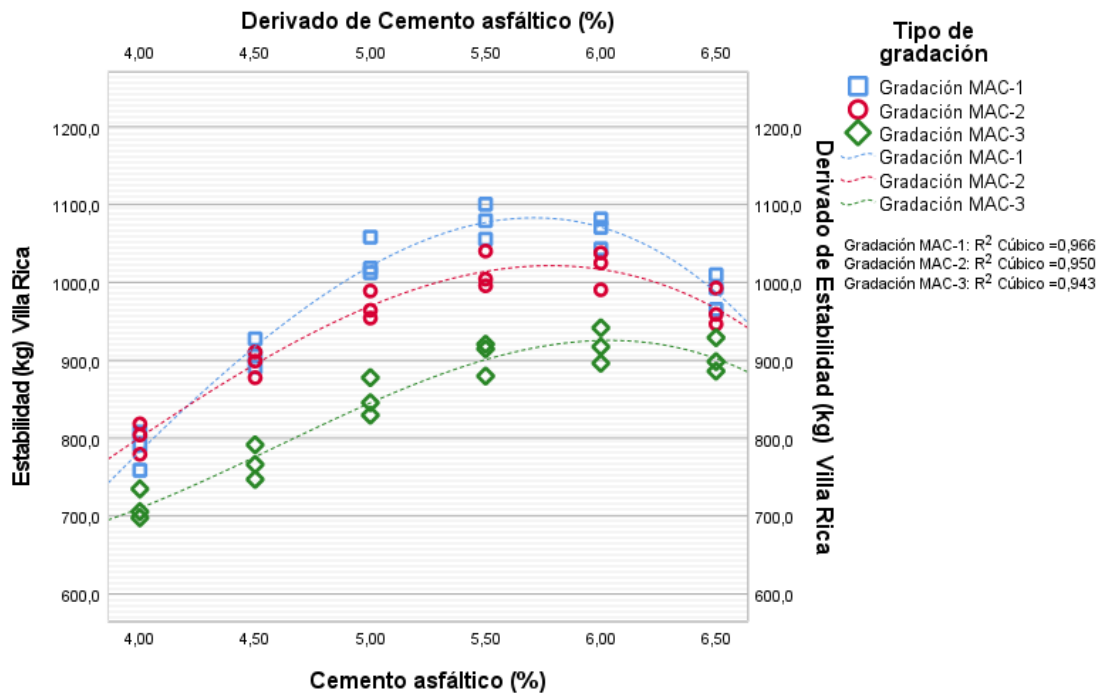


Figura 75. Diagrama de burbujas para estabilidad (kg) Villa Rica

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

#### 4.6.7. Efecto de la presión atmosférica de la selva alta

- **Prueba bivariada Pearson:**

A partir de la distribución de datos normal de los resultados de densidad teórica máxima resultante para el diseño MAC-1 se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.913 lo que nos indica que la correlación entre la variable “Densidad teórica máxima (MAC-1 Chanchamayo)” en función de la variable “Densidad teórica máxima (MAC-1 Villa Rica)” es positiva muy alta.

Tabla 89. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) MAC-1 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Villa Rica

		Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-1 Villa Rica	Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-1 Chanchamayo
Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-1 Villa Rica	Correlación de Pearson	1	,913**
	Sig. (bilateral)		<.001
	N	18	18
Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-1 Chanchamayo	Correlación de Pearson	,913**	1
	Sig. (bilateral)	<.001	
	N	18	18

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

- **Diagrama de burbujas:**

En el siguiente diagrama estadístico, se aprecia la gráfica de burbujas con las línea de ajuste cúbica del análisis de la distribución normal entre la densidad teórica máxima resultante al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Chanchamayo y la selva alta en Villa Rica para el diseño MAC-1 observando un comportamiento directamente proporcional entre las variables con un R2 igual 0.867 el cual se considera un valor alto de confiabilidad para la proyección de datos obtenida.

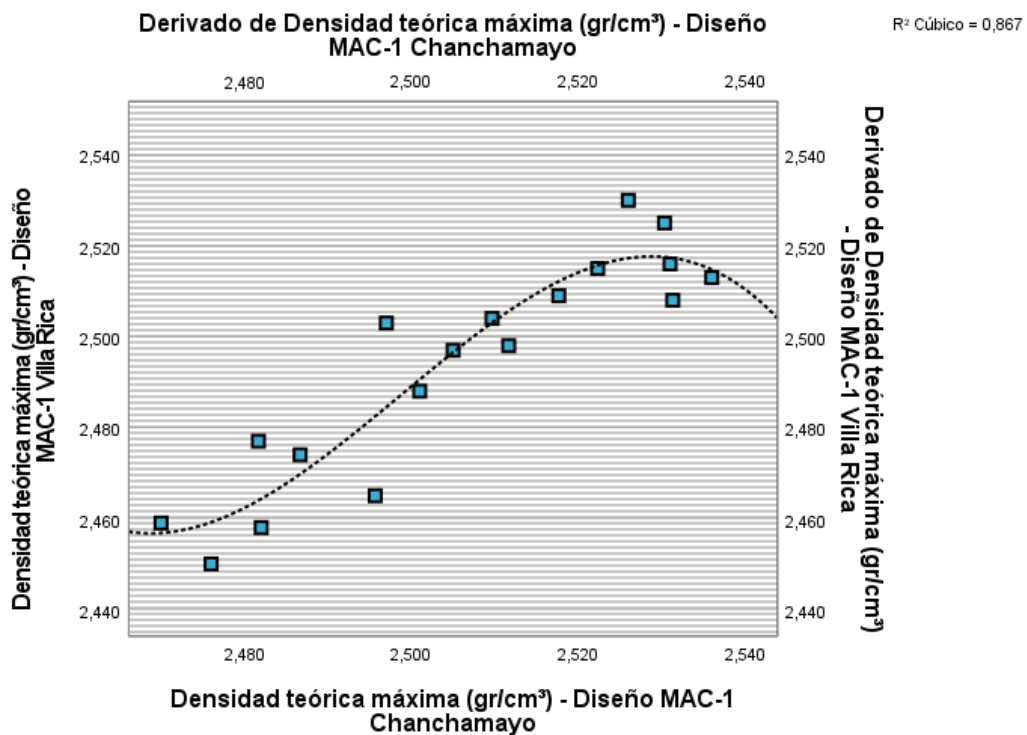


Figura 76. Diagrama de burbujas para densidad teórica máxima (gr/cm³) MAC-1 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Villa Rica

Fuente: Elaboración propia con programa SPSS

- **Prueba bivariada Pearson:**

A partir de la distribución de datos normal de los resultados de densidad teórica máxima resultante para el diseño MAC-2 se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.926 lo que nos indica que la correlación entre la variable “Densidad teórica máxima (MAC-2 Chanchamayo)” en función de la variable “Densidad teórica máxima (MAC-2 Villa Rica)” es positiva muy alta.

Tabla 90. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) MAC-2 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Villa Rica

		Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-2 Villa Rica	Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-2 Chanchamayo
Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-2 Villa Rica	Correlación de Pearson	1	,926**
	Sig. (bilateral)		<.001
	N	18	18
Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-2 Chanchamayo	Correlación de Pearson	,926**	1
	Sig. (bilateral)	<.001	
	N	18	18

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

■ **Diagrama de burbujas:**

En el siguiente diagrama estadístico, se aprecia la gráfica de burbujas con las línea de ajuste cúbica del análisis de la distribución normal entre la densidad teórica máxima resultante al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Chanchamayo y la selva alta en Villa Rica para el diseño MAC-2 observando un comportamiento directamente proporcional entre las variables con un R2 igual 0.868 el cual se considera un valor alto de confiabilidad para la proyección de datos obtenida.

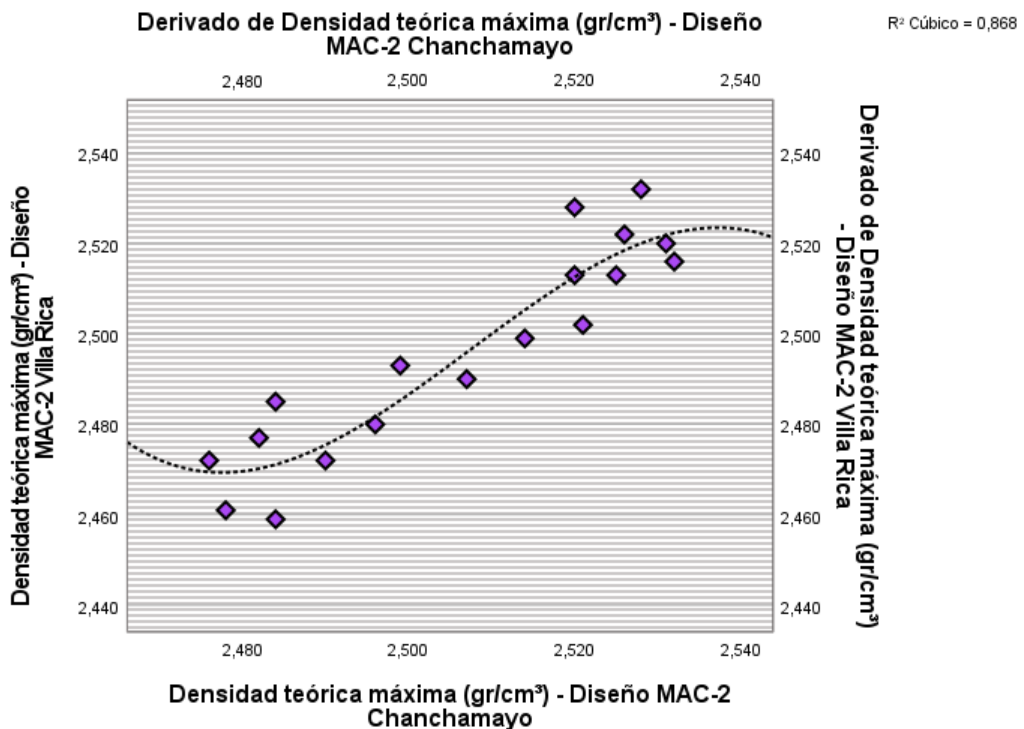


Figura 77. Diagrama de burbujas para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) MAC-2 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Villa Rica

Fuente: Elaboración propia con programa SPSS

- **Prueba bivariada Pearson:**

A partir de la distribución de datos normal de los resultados de densidad teórica máxima resultante para el diseño MAC-3 se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.967 lo que nos indica que la correlación entre la variable “Densidad teórica máxima (MAC-3 Chanchamayo)” en función de la variable “Densidad teórica máxima (MAC-3 Villa Rica)” es positiva muy alta.

Tabla 91. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) MAC-3 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Villa Rica

		<i>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-3 Villa Rica</i>	<i>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-3 Chanchamayo</i>
<i>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-3 Villa Rica</i>	<i>Correlación de Pearson</i>	1	,967**
	<i>Sig. (bilateral)</i>		<.001
	<i>N</i>	18	18
<i>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-3 Chanchamayo</i>	<i>Correlación de Pearson</i>	,967**	1
	<i>Sig. (bilateral)</i>	<.001	
	<i>N</i>	18	18

\*\* La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

- **Diagrama de burbujas:**

En el siguiente diagrama estadístico, se aprecia la gráfica de burbujas con las línea de ajuste cúbica del análisis de la distribución normal entre la densidad teórica máxima resultante al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Chanchamayo y la selva alta en Villa Rica para el diseño MAC-3 observando un comportamiento directamente proporcional entre las variables con un R2 igual 0.943 el cual se considera un valor alto de confiabilidad para la proyección de datos obtenida.

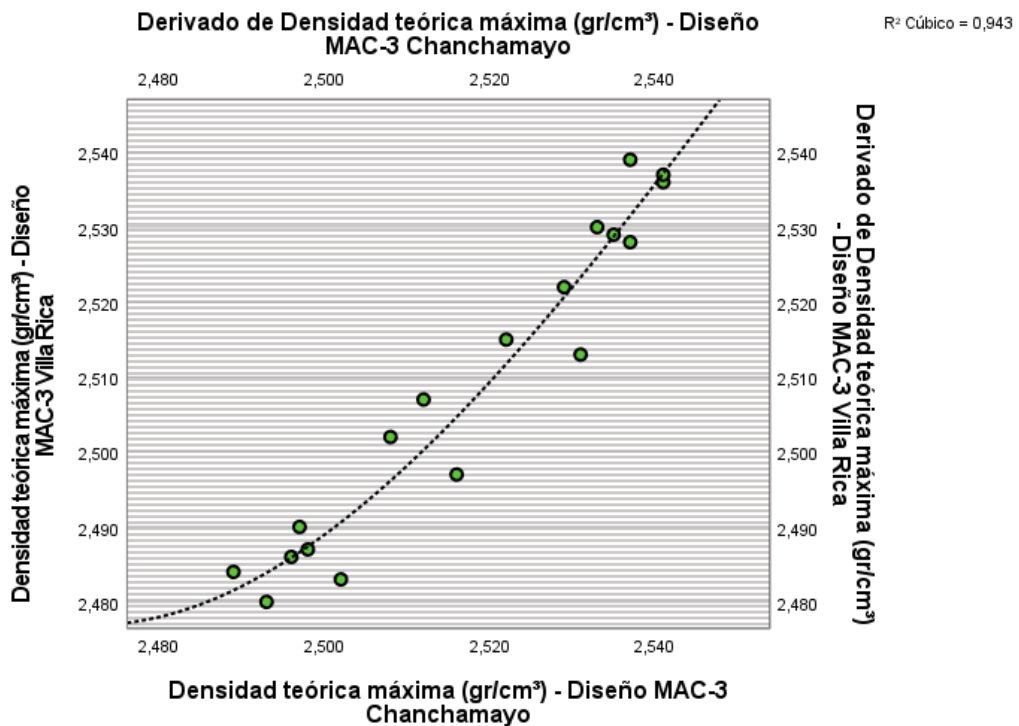


Figura 78. Diagrama de burbujas para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) MAC-3 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Villa Rica  
Fuente: Elaboración propia con programa SPSS

#### 4.6.8. Efecto de la presión atmosférica a nivel del mar

- **Prueba bivariada Pearson:**

A partir de la distribución de datos normal de los resultados de densidad teórica máxima resultante para el diseño MAC-1 se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.943 lo que nos indica que la correlación entre la variable “Densidad teórica máxima (MAC-1 Chanchamayo)” en función de la variable “Densidad teórica máxima (MAC-1 Lima)” es positiva muy alta.

Tabla 92. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) MAC-1 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Lima

		Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-1 Lima	Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-1 Chanchamayo
Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-1 Lima	Correlación de Pearson	1	,943**
	Sig. (bilateral)		<.001
	N	18	18
Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-1 Chanchamayo	Correlación de Pearson	,943**	1
	Sig. (bilateral)	<.001	
	N	18	18

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

- **Diagrama de burbujas:**

En el siguiente diagrama estadístico, se aprecia la gráfica de burbujas con las línea de ajuste cúbica del análisis de la distribución normal entre la densidad teórica máxima resultante al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Chanchamayo y a nivel del mar en Lima para el diseño MAC-1 observando un comportamiento directamente proporcional entre las variables con un R2 igual 0.910 el cual se considera un valor alto de confiabilidad para la proyección de datos obtenida.

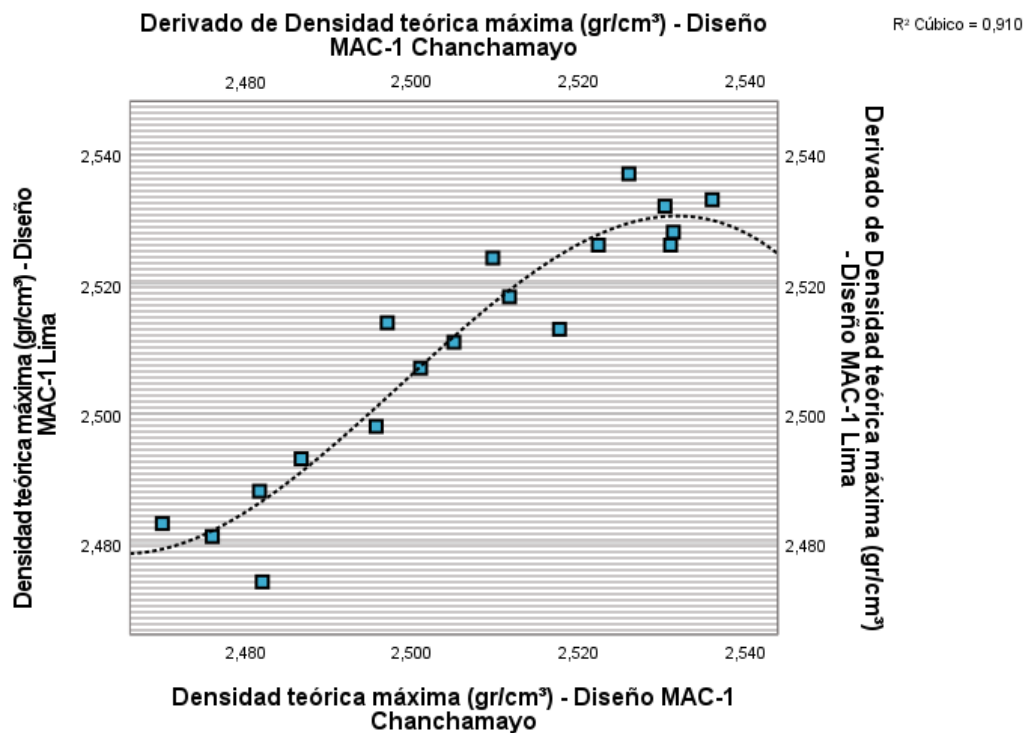


Figura 79. Diagrama de burbujas para densidad teórica máxima (gr/cm³) MAC-1 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Lima  
Fuente: Elaboración propia con programa SPSS

- **Prueba bivariada Pearson:**

A partir de la distribución de datos normal de los resultados de densidad teórica máxima resultante para el diseño MAC-2 se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.946 lo que nos indica que la correlación entre la variable “Densidad teórica máxima (MAC-2 Chanchamayo)” en función de la variable “Densidad teórica máxima (MAC-2 Lima)” es positiva muy alta.



Tabla 93. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) MAC-2 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Lima

		Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-2 Lima	Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-2 Chanchamayo
Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-2 Lima	Correlación de Pearson	1	,946**
	Sig. (bilateral)		<.001
	N	18	18
Densidad teórica máxima (gr/cm <sup>3</sup> ) - Diseño MAC-2 Chanchamayo	Correlación de Pearson	,946**	1
	Sig. (bilateral)	<.001	
	N	18	18

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

▪ **Diagrama de burbujas:**

En el siguiente diagrama estadístico, se aprecia la gráfica de burbujas con la línea de ajuste cúbica del análisis de la distribución normal entre la densidad teórica máxima resultante al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Chanchamayo y a nivel del mar en Lima para el diseño MAC-2 observando un comportamiento directamente proporcional entre las variables con un R2 igual 0.921 el cual se considera un valor alto de confiabilidad para la proyección de datos obtenida.

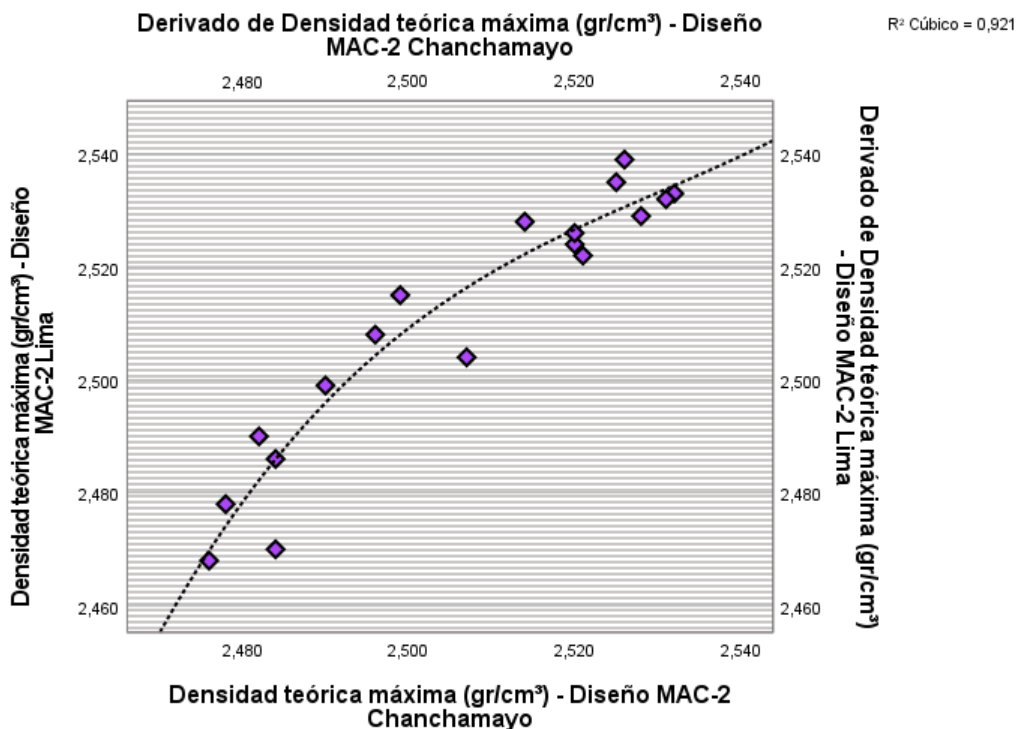


Figura 80. Diagrama de burbujas para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) MAC-2 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Lima

Fuente: Elaboración propia con programa SPSS

- **Prueba bivariada Pearson:**

A partir de la distribución de datos normal de los resultados de densidad teórica máxima resultante para el diseño MAC-3 se realiza la prueba bivariada por Pearson, obteniendo en el siguiente esquema estadístico que el valor de la correlación por Pearson es de 0.951 lo que nos indica que la correlación entre la variable “Densidad teórica máxima (MAC-3 Chanchamayo)” en función de la variable “Densidad teórica máxima (MAC-3 Lima)” es positiva muy alta.

Tabla 94. Prueba bivariada para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) MAC-3 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Lima

		<i>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-3 Lima</i>	<i>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-3 Chanchamayo</i>
<i>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-3 Lima</i>	<i>Correlación de Pearson</i>	1	,951**
	<i>Sig. (bilateral)</i>		<.001
	<i>N</i>	18	18
<i>Densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) - Diseño MAC-3 Chanchamayo</i>	<i>Correlación de Pearson</i>	,951**	1
	<i>Sig. (bilateral)</i>	<.001	
	<i>N</i>	18	18

\*\* . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia SPSS Statistics

- **Diagrama de burbujas:**

En el siguiente diagrama estadístico, se aprecia la gráfica de burbujas con las línea de ajuste cúbica del análisis de la distribución normal entre la densidad teórica máxima resultante al emplear los resultados del ensayo de Rice a nivel de presión atmosférica de la zona de estudio en Chanchamayo y a nivel del mar en Lima para el diseño MAC-3 observando un comportamiento directamente proporcional entre las variables con un R2 igual 0.917 el cual se considera un valor alto de confiabilidad para la proyección de datos obtenida.

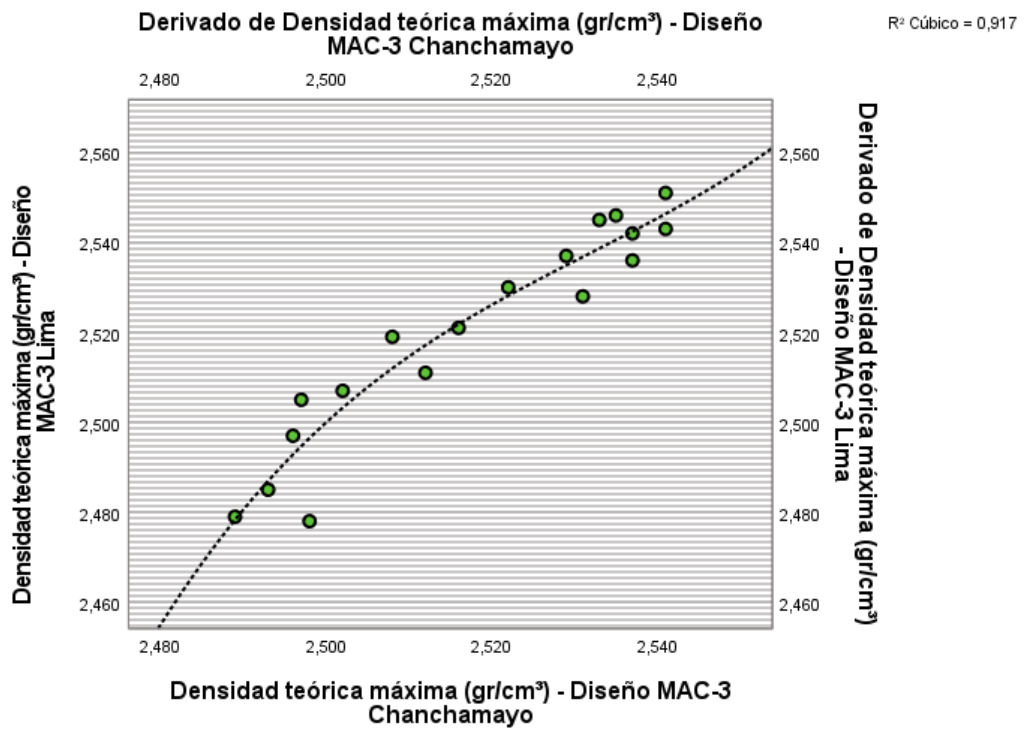


Figura 81. Diagrama de burbujas para densidad teórica máxima (gr/cm<sup>3</sup>) MAC-3 para ensayo de Rice en Chanchamayo / Lima

Fuente: Elaboración propia con programa SPSS

## **CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **CONCLUSIONES**

Efecto considerable de la presión atmosférica de la selva Alta en la densidad teórica máxima:

Se ha demostrado de manera concluyente que la presión atmosférica de la selva alta tiene un efecto considerable en la determinación del valor de la densidad teórica máxima de mezclas asfálticas. Los resultados indican que a medida que la presión atmosférica varía según a la altura, la densidad teórica máxima de las mezclas asfálticas también experimenta variaciones notables. Este resultado subraya la importancia de considerar las condiciones atmosféricas locales al diseñar mezclas asfálticas en regiones con cambios estacionales en la presión atmosférica. El diseño MAC-1 el porcentaje óptimo de cemento asfáltico con los resultados de Rice de Chanchamayo es de 5.15%, con los resultados de Rice de Villa Rica desciende un 4.08% y con los resultados de Rice de Lima aumenta un 1.36%. En caso del diseño MAC-2 el porcentaje óptimo de cemento asfáltico con los resultados de Rice de Chanchamayo es de 5.30%, con los resultados de Rice de Villa Rica desciende un 2.45% y con los resultados de Rice de Lima aumenta un 0.94%. Y en caso del diseño MAC-3 el porcentaje óptimo de cemento asfáltico con los resultados de Rice de Chanchamayo es de 5.37%, con los resultados de Rice de Villa Rica desciende un 1.49% y con los resultados de Rice de Lima aumenta un 1.49%

Variación en la densidad teórica máxima según los diseños de mezcla:

Se ha observado una variación significativa en la densidad teórica máxima entre los diferentes diseños de mezcla asfáltica en caliente evaluados en este estudio. Esta variación sugiere que la elección del diseño de mezcla es un factor crucial en la búsqueda de una densidad teórica máxima óptima, y que no todos los diseños de mezcla responden de la misma manera a las variaciones en la presión atmosférica de la selva alta.

Variación en la densidad teórica máxima a nivel del mar:

Además de las variaciones observadas en la selva alta, se ha determinado que la densidad teórica máxima también varía a distintos niveles de presión atmosférica a

nivel del mar. Esto destaca la importancia de tener en cuenta las condiciones de altitud en la formulación de mezclas asfálticas, incluso en áreas cercanas al nivel del mar, donde las diferencias en la presión atmosférica pueden influir en las propiedades de las mezclas.

Influencia de la presión atmosférica en el porcentaje óptimo de asfalto:

La investigación ha demostrado que la presión atmosférica de la selva alta afecta en cierta medida al porcentaje óptimo de asfalto en las mezclas asfálticas. Estos resultados indican que las condiciones atmosféricas locales pueden influir en la cantidad de asfalto requerida para alcanzar la densidad teórica máxima deseada en las mezclas. Esto tiene implicaciones significativas para la economía de la construcción de carreteras, ya que la cantidad de asfalto utilizado puede variar según la altitud y las condiciones atmosféricas.

En resumen, esta investigación proporciona evidencia sólida de que la presión atmosférica de la selva alta tiene un impacto considerable en la densidad teórica máxima de mezclas asfálticas. Además, se destaca la importancia de seleccionar cuidadosamente el diseño de mezcla y considerar las condiciones de altitud al formular mezclas asfálticas en regiones con cambios estacionales en la presión atmosférica. Estos hallazgos contribuyen al conocimiento existente en el campo de la pavimentación y tienen implicaciones prácticas importantes para la construcción de carreteras en regiones geográficamente diversas.

## **RECOMENDACIONES**

Ampliar el alcance geográfico y temporal de la investigación:

Para obtener una comprensión más completa del efecto de la presión atmosférica de la selva alta en la densidad teórica máxima de mezclas asfálticas, se recomienda considerar una mayor diversidad de ubicaciones geográficas y un seguimiento a lo largo del tiempo. Esto permitirá evaluar cómo las variaciones estacionales afectan las propiedades de las mezclas y si existen patrones consistentes a lo largo de múltiples años. Además, la inclusión de datos de otras regiones con características climáticas y atmosféricas contrastantes podría enriquecer aún más los resultados. Con la finalidad de optimizar el proceso de diseño de mezclas.

Investigación sobre otros factores climáticos y ambientales:

Además de la presión atmosférica, la selva alta puede experimentar variaciones en otros factores climáticos y ambientales, como la temperatura y la humedad. Sería beneficioso investigar cómo estos factores interactúan con la presión atmosférica y contribuyen a las variaciones en la densidad teórica máxima de las mezclas asfálticas. Esto podría requerir la recopilación de datos adicionales, como la temperatura ambiente y la humedad relativa, para un análisis más completo en función a estas variaciones climatológicas.

Estudio detallado de los efectos en la durabilidad de las carreteras:

A medida que se avanza en la investigación sobre el efecto de la presión atmosférica en las mezclas asfálticas, se sugiere considerar un estudio más detallado sobre cómo estas variaciones pueden influir en la durabilidad de las carreteras. Esto podría incluir la evaluación de la resistencia a la fatiga, la susceptibilidad a la deformación permanente y la vida útil de las capas asfálticas en condiciones de variabilidad atmosférica. Comprender cómo las variaciones en la densidad teórica máxima afectan a largo plazo la integridad de las carreteras es esencial para garantizar la seguridad y la eficiencia de la infraestructura vial en la selva alta que requiere de pavimentos de calidad y duraderos.

Estas recomendaciones buscan fortalecer la calidad y la relevancia de la investigación, así como proporcionar información valiosa para la toma de decisiones en la formulación de mezclas asfálticas y el diseño de carreteras en la selva alta y otras regiones con condiciones climáticas variables.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar Ampuero, J. A., & Valer Arotaipe, Á. S. (2021). *Análisis del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica convencional frente a una mezcla asfáltica adicionada con botellas de plástico trituradas recicladas (BPTR) y granos de neumáticos reciclados (GNR) con agregados de la región del Cusco*. Cusco: Universidad Andina del Cusco.

Asphalt Institute. (2020). *Asphalt Designe Construct Maintain*. Texas: Vol 35, N°2.

Baena Paz, G. (2014). *Metodología de la investigación*. Distrito Federal, Mexico: GRUPO EDITORIAL PATRIA.

Capa Moya, K. G. (2017). *Análisis del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica abierta con la adición de fibras de acero*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

Carrasco Díaz, S. (2005). *Metodología de la investigación científica*. Lima: San Marcos.

De la Cruz Bazán, P., & Porras Zavala, M. J. (2015). *Evaluación de desempeño de mezclas asfálticas en caliente diseñadas por la metodología Marshall con el ensayo de la rueda cargada de Hamburgo para el proyecto de rehabilitación de la carretera Dv Imperial-Pampas*. Lima: Universidad Ricardo Palma.

Goetz, W. H. (1989). "La evolución del diseño de mezclas asfálticas de concreto", *Diseño de mezclas de hormigón asfáltico: Desarrollo de enfoques más racionales*. Filadelfia: American Society for Testing and.

Gomez Bastar, S. (2012). *Metodología de la investigación*. Estado de México: Ma. Eugenia Buendía López.

Hernández Cabrera, G. H., & Ramírez Rodríguez, F. (2016). *Análisis de la influencia del grado de compactación de una mezcla asfáltica en su deformación permanente y la susceptibilidad a la humedad*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.



Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la investigación*. México D.F.: McGraw-Hill.

Hubbard, P., & Field, F. C. (1935). Estabilidad y pruebas relacionadas con las mezclas de pavimento asfáltico. *The Asphalt Institute*, Series Number 1,.

Huo, J., Wang, Z., Chen, H., & He, R. (2019). Impactos de la baja presión atmosférica en las propiedades del hormigón de cemento en zonas de meseta: Una revisión de la literatura. *Materials (Basel, Switzerland)*, 12(9), 1384.

Jiménez Loría, A. Y. (2019). *Análisis del desempeño de una mezcla asfáltica con fibra de bambú asfalto modificado con grano de caucho reciclado*. Costa Rica: Instituto Tecnológico de Costa Rica.

McFadden, G. A. (1984). Diseño y control sobre el terreno de las mezclas de pavimento asfáltico para instalaciones militares. *Proceedings of the Technical Sessions of the Association of Asphalt Paving*, 93 - 113.

Mejia Mejia, E. (2005). *Metodología de la investigación científica*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Monje Álvarez, C. A. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa*. Neiva: Universidad Surcolombiana.

Ramírez González, A. (2003). *Metodología de la Investigación*. Bogotá: Javeriana.

Reyes Tacza, G. (2020). *Comportamiento físico-mecánico de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo*. Huancayo: Universidad Peruana a Los Andes.

## **ANEXOS**

### **ANEXO 1. PANEL FOTOGRÁFICO**

1. Ensayo de análisis granulométrico



Anexos 1. Material granular extraído de la cantera de Pilcomayo coordenadas UTM 473403.66 m E, 8668234.19 m S, para preparación de muestras según norma MTC E 204



Anexos 2. Material granular extraído de la cantera la Huaycha con coordenadas UTM 466743.32 m E, 8679608.95m S, para preparación de muestras según norma MTC E 204



Anexos 3. Se selecciona material representativo según lo especificado en la norma MTC E 204 para la muestra de piedra chancada de  $\frac{3}{4}$ " de la cantera de Pilcomayo



Anexos 4. Se selecciona material representativo según lo especificado en la norma MTC E 204 para la muestra de piedra chancada de  $\frac{1}{2}$ " de la cantera de Pilcomayo



Anexos 5. Se selecciona material representativo según lo especificado en la norma MTC E 204 para la muestra de arena natural de la cantera de Pilcomayo



Anexos 6. Se selecciona material representativo según lo especificado en la norma MTC E 204 para la muestra de arena chancada de la cantera de Pilcomayo





Anexos 7. Se selecciona material representativo según lo especificado en la norma MTC E 204 para la muestra de piedra chancada de 1/2" de la cantera La Huaycha



Anexos 8. Se selecciona material representativo según lo especificado en la norma MTC E 204 para la muestra de arena natural de la cantera La Huaycha



Anexos 9. Se selecciona material representativo según lo especificado en la norma MTC E 204 para la muestra de arena chancada de la cantera La Huaycha



Anexos 10. Serie de mallas especificadas en la normativa MTC E 204, para el adecuado muestreo de suelos que permitan la respectiva correlación con las propiedades del material.



Anexos 11. Proceso de tamizado empleando los tamices especificados en la normativa MTC E 204 para cada tipo de agregado extraídos de la cantera de Pilcomayo



Anexos 12. Proceso de tamizado empleando los tamices especificados en la normativa MTC E 204 para cada tipo de agregado extraídos de la cantera La Huaycha.





Anexos 13. Muestra de cal hidratada, Tiene la función de mejorar la trabajabilidad, ajustar el tiempo de fraguado y en algunos casos cambiar la gradación del agregado.



Anexos 14. Proceso de tamizado de cal hidratada según las especificaciones de la norma MTC E 204 para material fino.

## 2. Elaboración de briquetas



Anexos 15. Se pesan los agregados gruesos y finos según las combinaciones teóricas planteadas para el diseño por MAC-1, empleando el material granular de la cantera de Pilcomayo



Anexos 16. Se pesan los agregados gruesos y finos según las combinaciones teóricas planteadas para el diseño por MAC-2, empleando el material granular extraídos de la cantera La Huaycha



Anexos 17. Se pesan los agregados gruesos y finos según las combinaciones teóricas planteadas para el diseño por MAC-3, empleando el material fino extraídos de las canteras de Pilcomayo y La Huaycha



Anexos 18. Muestra de cemento asfáltico de PEN 60/70 colocada previamente en el horno para mantenerlo caliente para la elaboración de la mezcla



Anexos 19. Se realiza la mezcla de agregados en una tara, para cada combinación teórica planteada.





Anexos 20. Se añade el cemento asfáltico de PEN 60/70 a la mezcla de agregados manteniendo la temperatura de la mezcla en 160°C



Anexos 21. Mezcla asfáltica final resultante, se variaron los porcentajes de cemento asfáltico para la elaboración de las briquetas.



Anexos 22. Se coloca la mezcla asfáltica en caliente resultante en el molde de la briqueta para la compactación, colocando antes papel filtro en la base del molde.



Anexos 23. Se chusea la mezcla colocada para uniformizar la mezcla y eliminar la presencia de aire y evitar exceso de vacíos en la briqueta.



Anexos 24. Se compactará la mezcla a 75 golpes cada cara con un pistón que cumple las especificaciones de la norma MTC E 504.



Anexos 25. Briquetas obtenidas al variar el porcentaje de cemento asfáltico, etiquetadas correctamente según el diseño empleado.





Anexos 26. Briquetas resultantes tras desmoldarlas, evitando que se pierda material en el proceso.

### 3. Ensayo de peso unitario



Anexos 27. Se procede a registrar los pesos de cada briqueta obtenida y se registran los pesos en seco.





Anexos 28. Se colocan las briquetas en un recipiente con agua por una hora para saturarlas completamente



Anexos 29. Se realiza un secado superficial de cada briqueta y se registran estos pesos



Anexos 30. Se colocan las briquetas en una canastilla dentro de un recipiente con agua y se determina el peso de cada briqueta sumergida

#### 4. Ensayo de Marshall



Anexos 31. Se acondicionarán las briquetas en baño María para proceder con el ensayo de Marshall



Anexos 32. Tras treinta minutos de acondicionamiento se colocan las briquetas en el cabezal de ruptura



Anexos 33. Se coloca la briqueta con el cabezal en el aparato de Marshall y se determina con los diales del aparato de Marshall los resultados de flujo y estabilidad de cada briqueta para cada diseño obtenido



5. Ensayo de Rice (Densidad teórica máxima)



Anexos 34. Equipo de Rice a emplear para obtener la densidad teórica máxima de la mezcla asfáltica en caliente para los diseños MAC-1, MAC-2 y MAC-3.



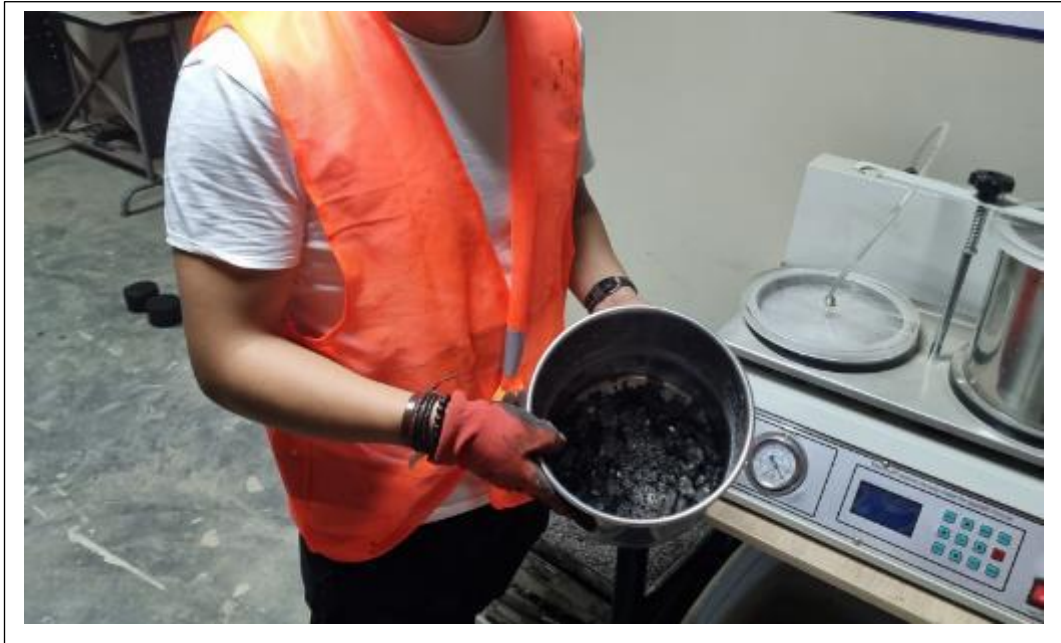
Anexos 35. Para llevar a cabo este ensayo de Rice se elaboran las mezclas asfálticas en caliente sin compactar para cada diseño MAC-1, MAC-2 y MAC-3.



Anexos 36. Se estima el peso del picnómetro más agua a 25°C de temperatura ubicada en el equipo Rice



Anexos 37. Se coloca cada mezcla no compactada en el equipo de Rice y se determina el peso de la mezcla más agua



Anexos 38. Resultado de mezcla no compactada tras ensayo en el equipo de Rice



Anexos 39. El ensayo de Rice explicado anteriormente se lleva a cabo en un laboratorio de Chanchamayo, Villa Rica y Lima y se registran los resultados para el desarrollo de la investigación



6. Briquetas obtenidas por cada diseño



Anexos 40. Briquetas de Marshall elaboradas con el diseño MAC-1 al variar el porcentaje de cemento asfáltico adicionado.



Anexos 41. Briquetas de Marshall elaboradas con el diseño MAC-2 al variar el porcentaje de cemento asfáltico adicionado.



Anexos 42. Briquetas de Marshall elaboradas con el diseño MAC-3 al variar el porcentaje de cemento asfáltico adicionado.



## **ANEXO 2. CERTIFICADOS DE ENSAYO**

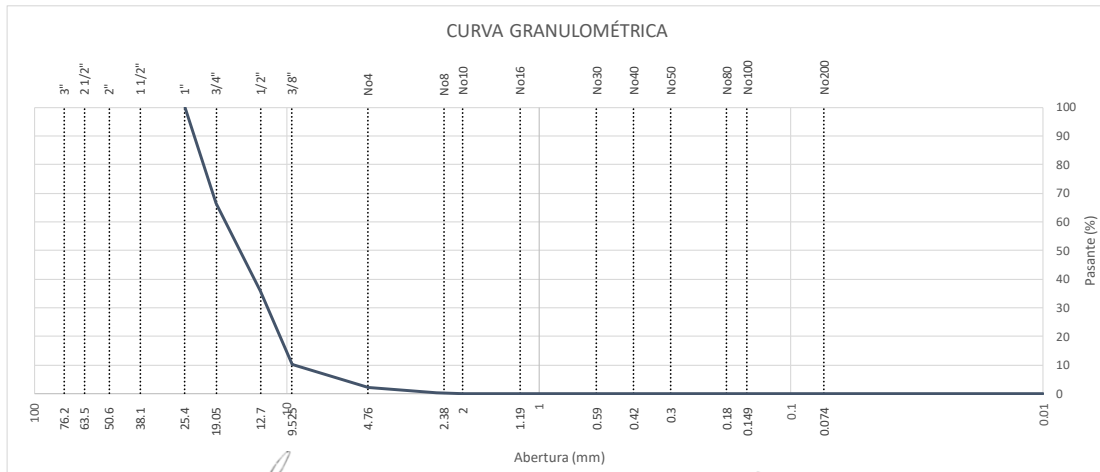
## LABORATORIO SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO
<b>MUESTRA:</b>	M001
<b>FECHA:</b>	10/07/2023

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (MTC E 204)

PIEDRA CHANCADA DE 3/4"					
Malla		Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumul.	% Pasante
Tamiz	mm				
3"	76.200				
2 1/2"	63.550				
2"	50.800				
1 1/2"	38.110				
1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.055	1007.10	33.57	33.57	66.43
1/2"	12.700	920.40	30.68	64.25	35.75
3/8"	9.525	765.90	25.53	89.78	10.22
No4	4.750	241.20	8.04	97.82	2.18
No8	2.550	58.50	1.95	99.77	0.23
No10	2.000	6.90	0.23	100.00	0.00
No16	1.185	0.00	0.00	100.00	0.00
No30	0.600	0.00	0.00	100.00	0.00
No40	0.425	0.00	0.00	100.00	0.00
No50	0.295	0.00	0.00	100.00	0.00
No80	0.175	0.00	0.00	100.00	0.00
No100	0.148	0.00	0.00	100.00	0.00
No200	0.072	0.00	0.00	100.00	0.00
<N°200	0.010	0.00	0.00	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		<b>3000.00</b>	<b>gr</b>		



  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

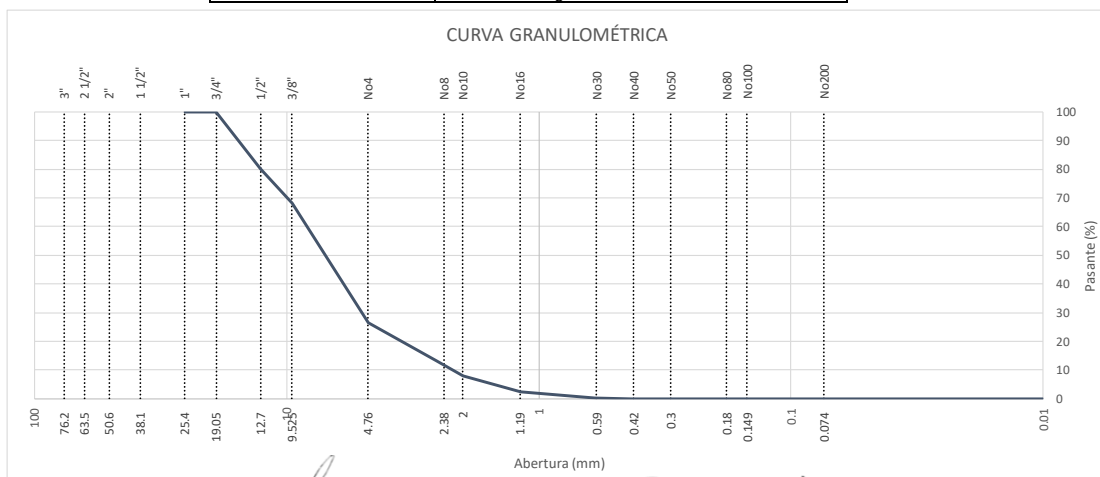
## LABORATORIO SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO
<b>MUESTRA:</b>	M002
<b>FECHA:</b>	10/07/2023

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (MTC E 204)

PIEDRA CHANCADA DE 1/2"					
Malla		Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumul.	% Pasante
Tamiz	mm				
3"	76.200				
2 1/2"	63.550				
2"	50.800				
1 1/2"	38.110				
1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	598.50	19.95	19.95	80.05
3/8"	9.525	358.50	11.95	31.90	68.10
No4	4.750	1248.00	41.60	73.50	26.50
No8	2.550	398.70	13.29	86.79	13.21
No10	2.000	154.80	5.16	91.95	8.05
No16	1.185	174.00	5.80	97.75	2.25
No30	0.600	63.60	2.12	99.87	0.13
No40	0.425	3.90	0.13	100.00	0.00
No50	0.295	0.00	0.00	100.00	0.00
No80	0.175	0.00	0.00	100.00	0.00
No100	0.148	0.00	0.00	100.00	0.00
No200	0.072	0.00	0.00	100.00	0.00
<N°200	0.010	0.00	0.00	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		3000.00	gr		



  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

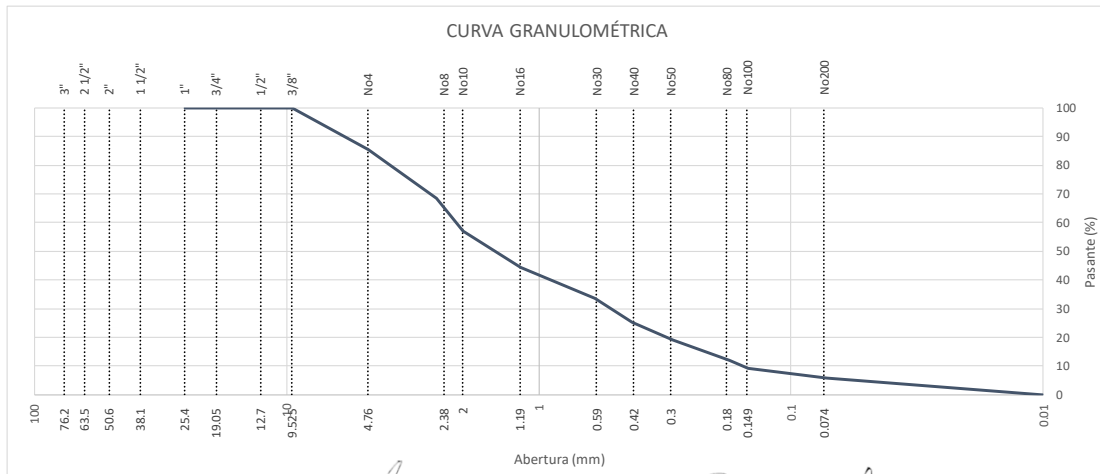
## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO
<b>MUESTRA:</b>	M003
<b>FECHA:</b>	10/07/2023

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (MTC E 204)

Malla		ARENA NATURAL			
Tamiz	mm	Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumul.	% Pasante
3"	76.200				
2 1/2"	63.550				
2"	50.800				
1 1/2"	38.110				
1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
No4	4.750	219.00	14.60	14.60	85.40
No8	2.550	253.20	16.88	31.48	68.52
No16	1.185	187.80	12.52	55.62	44.38
No30	0.600	162.30	10.82	66.44	33.56
No40	0.425	123.20	8.21	74.65	25.35
No50	0.295	95.70	6.38	81.03	18.97
No80	0.175	106.40	7.09	88.13	11.87
No100	0.148	42.50	2.83	90.96	9.04
No200	0.072	50.90	3.39	94.35	5.65
<N°200	0.010	84.70	5.65	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		1500.00	gr		



  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

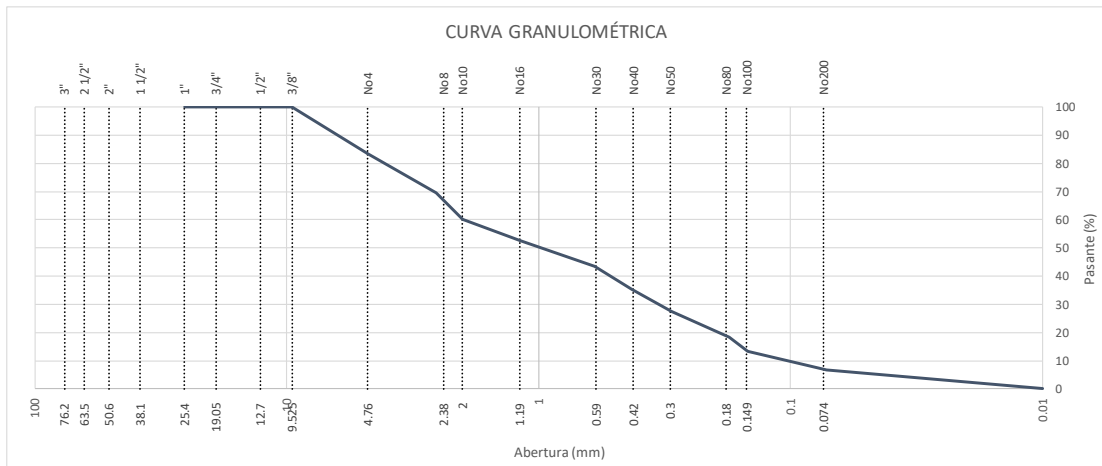
## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO
<b>MUESTRA:</b>	M004
<b>FECHA:</b>	10/07/2023

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (MTC E 204)

Malla		ARENA CHANCADA			
Tamiz	mm	Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumul.	% Pasante
3"	76.200				
2 1/2"	63.550				
2"	50.800				
1 1/2"	38.110				
1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
No4	4.750	251.10	16.74	16.74	83.26
No8	2.550	206.90	13.79	30.53	69.47
No10	2.000	139.40	9.29	39.83	60.17
No16	1.185	111.50	7.43	47.26	52.74
No30	0.600	136.70	9.11	56.37	43.63
No40	0.425	126.60	8.44	64.81	35.19
No50	0.295	115.50	7.70	72.51	27.49
No80	0.175	139.10	9.27	81.79	18.21
No100	0.148	74.70	4.98	86.77	13.23
No200	0.072	99.60	6.64	93.41	6.59
<N°200	0.010	98.90	6.59	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		1500.00	gr		



  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

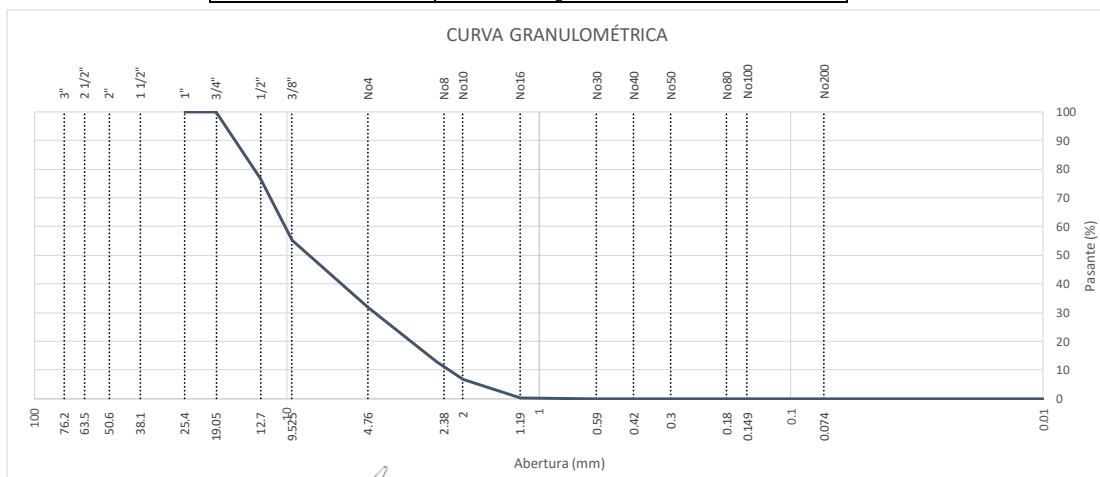
## LABORATORIO SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	LA HUAYCHA
<b>MUESTRA:</b>	M005
<b>FECHA:</b>	10/07/2023

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (MTC E 204)

PIEDRA CHANCADA DE 1/2"					
Malla		Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumul.	% Pasante
Tamiz	mm				
3"	76.200				
2 1/2"	63.550				
2"	50.800				
1 1/2"	38.110				
1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	698.10	23.27	23.27	76.73
3/8"	9.525	642.60	21.42	44.69	55.31
No4	4.750	708.90	23.63	68.32	31.68
No8	2.550	567.90	18.93	87.25	12.75
No10	2.000	181.20	6.04	93.29	6.71
No16	1.185	196.80	6.56	99.85	0.15
No30	0.600	4.50	0.15	100.00	0.00
No40	0.425	0.00	0.00	100.00	0.00
No50	0.295	0.00	0.00	100.00	0.00
No80	0.175	0.00	0.00	100.00	0.00
No100	0.148	0.00	0.00	100.00	0.00
No200	0.072	0.00	0.00	100.00	0.00
<N°200	0.010	0.00	0.00	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		3000.00	gr		



  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
**Julio Adrian Rojas Palma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

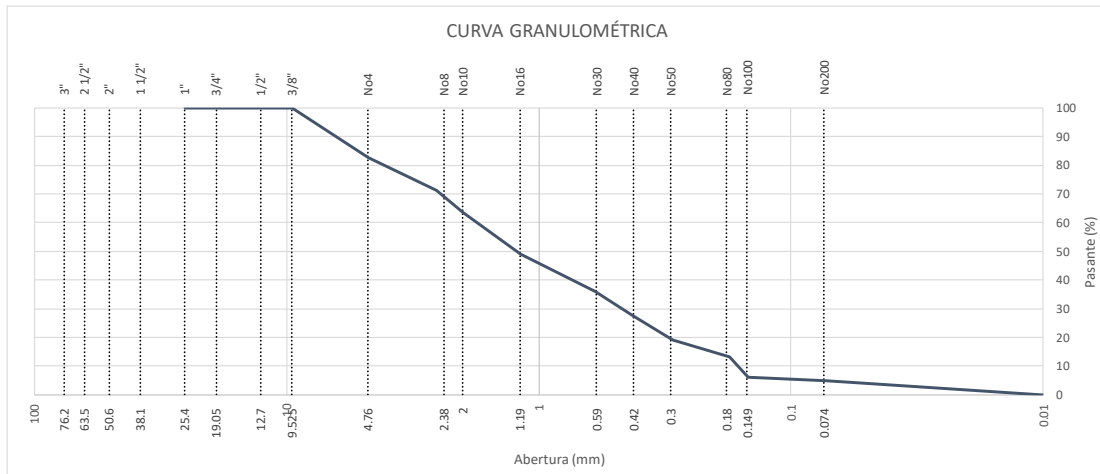
## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	LA HUAYCHA
<b>MUESTRA:</b>	M006
<b>FECHA:</b>	10/07/2023

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (MTC E 204)

Malla		ARENA NATURAL			
Tamiz	mm	Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumul.	% Pasante
3"	76.200				
2 1/2"	63.550				
2"	50.800				
1 1/2"	38.110				
1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
No4	4.750	260.90	17.39	17.39	82.61
No8	2.550	171.30	11.42	28.81	71.19
No10	2.000	114.60	7.64	36.45	63.55
No16	1.185	219.20	14.61	51.07	48.93
No30	0.600	192.60	12.84	63.91	36.09
No40	0.425	127.40	8.49	72.40	27.60
No50	0.295	127.70	8.51	80.91	19.09
No80	0.175	90.00	6.00	86.91	13.09
No100	0.148	106.50	7.10	94.01	5.99
No200	0.072	17.10	1.14	95.15	4.85
<N°200	0.010	72.70	4.85	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		1500.00	gr		



  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

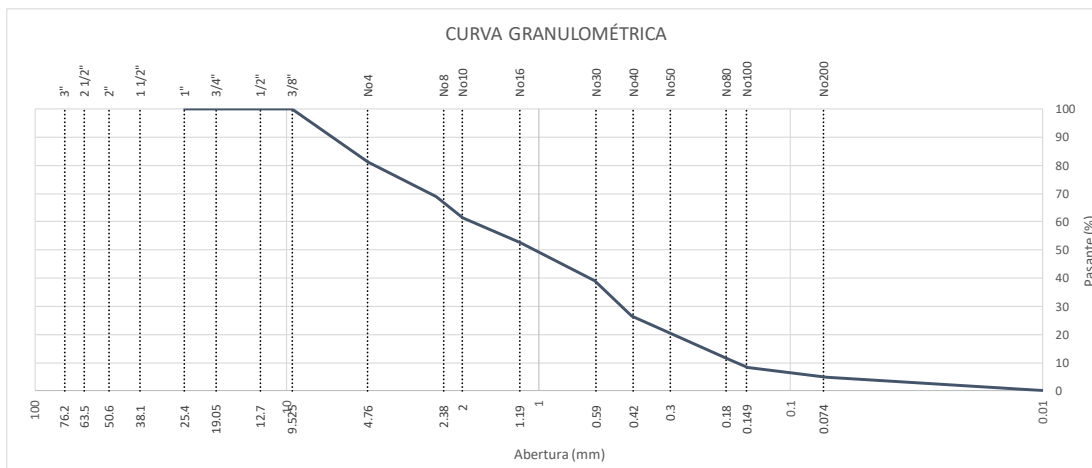
## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	LA HUAYCHA
<b>MUESTRA:</b>	M007
<b>FECHA:</b>	10/07/2023

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (MTC E 204)

Malla		ARENA CHANCADA			
Tamiz	mm	Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumul.	% Pasante
3"	76.200				
2 1/2"	63.550				
2"	50.800				
1 1/2"	38.110				
1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
No4	4.750	283.50	18.90	18.90	81.10
No8	2.550	183.80	12.25	31.15	68.85
No10	2.000	112.80	7.52	38.67	61.33
No16	1.185	129.50	8.63	47.31	52.69
No30	0.600	204.00	13.60	60.91	39.09
No40	0.425	189.00	12.60	73.51	26.49
No50	0.295	92.10	6.14	79.65	20.35
No80	0.175	136.70	9.11	88.76	11.24
No100	0.148	41.80	2.79	91.55	8.45
No200	0.072	52.70	3.51	95.06	4.94
<N°200	0.010	74.10	4.94	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		1500.00	gr		



  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
**Julio Adrian Rojas Palma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.



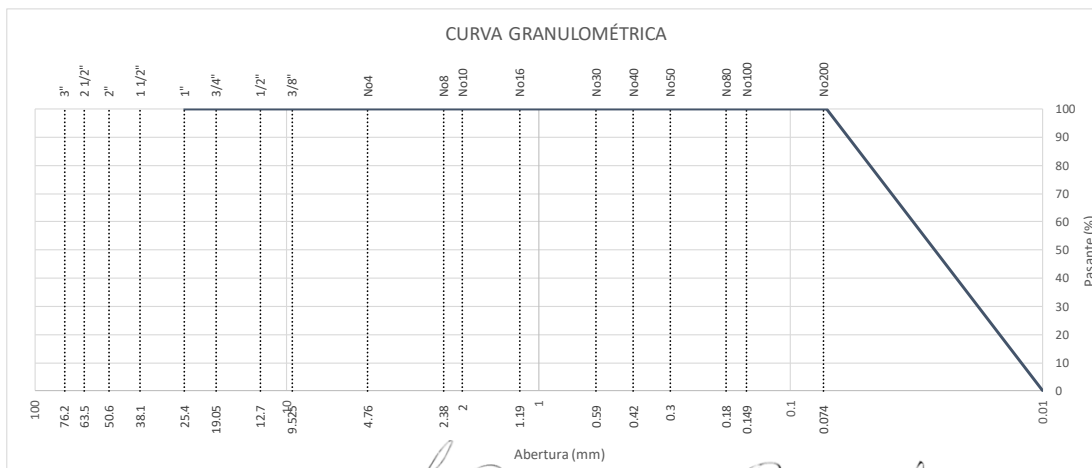
## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

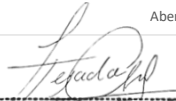


<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	
<b>MUESTRA:</b>	M008
<b>FECHA:</b>	10/07/2023

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS (MTC E 204)

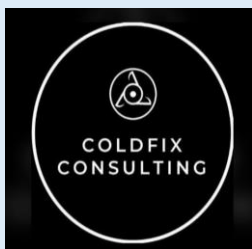
Malla		CAL HIDRATADA			
Tamiz	mm	Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumul.	% Pasante
3"	76.200				
2 1/2"	63.550				
2"	50.800				
1 1/2"	38.110				
1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
No4	4.750	0.00	0.00	0.00	100.00
No8	2.550	0.00	0.00	0.00	100.00
No10	2.000	0.00	0.00	0.00	100.00
No16	1.185	0.00	0.00	0.00	100.00
No30	0.600	0.00	0.00	0.00	100.00
No40	0.425	0.00	0.00	0.00	100.00
No50	0.295	0.00	0.00	0.00	100.00
No80	0.175	0.00	0.00	0.00	100.00
No100	0.148	0.00	0.00	0.00	100.00
No200	0.072	0.00	0.00	0.00	100.00
<N°200	0.010	500.00	100.00	100.00	0.00
<b>TOTAL MUESTRA =</b>		1500.00	gr		



  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDPIX E.I.R.L.

  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDPIX E.I.R.L.

## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

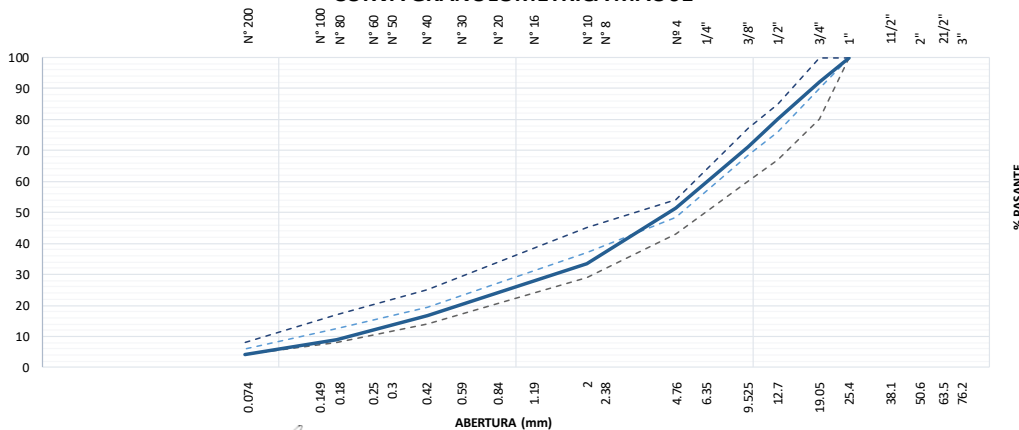



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO
<b>MUESTRA:</b>	DISEÑO MAC 01
<b>FECHA:</b>	10/07/2023

### COMBINACIÓN TEÓRICA DE AGREGADOS PARA ASFALTO - MAC 01

Malla		Porcentaje pasantes (%)						Especificaciones	
Tamiz	mm	PIEDRAS		ARENAS			MEZCLA	MAC 01	Tamaño máximo
Agregados		Piedra chancada 3/4"	Piedra chancada 1/2"	Arena Natural	Arena Chancada	Cal hidratada			1/2"
Proporciones		3/4"	1/2"	NATURAL	CHANCADA	FILLER	100%	Curva Ideal	
1"	25.405	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100 - 100	100
3/4"	19.055	66.43	100.00	100.00	100.00	100.00	91.94	80 - 100	90
1/2"	12.700	35.75	80.05	100.00	100.00	100.00	79.99	67 - 85	76
3/8"	9.525	10.22	68.10	100.00	100.00	100.00	71.12	60 - 77	69
No4	4.750	2.18	26.50	85.40	83.26	100.00	51.45	43 - 54	49
No8	2.550	0.23	13.21	68.52	69.47	100.00	39.98		
No10	2.000	0.00	8.05	56.90	60.17	100.00	33.32	29 - 45	37
No16	1.185	0.00	2.25	44.38	52.74	100.00	26.85		
No30	0.600	0.00	0.13	33.56	43.63	100.00	21.20		
No40	0.425	0.00	0.00	25.35	35.19	100.00	16.84	14 - 25	20
No50	0.295	0.00	0.00	18.97	27.49	100.00	13.16		
No80	0.175	0.00	0.00	11.87	18.21	100.00	8.89	8 - 17	13
No100	0.148	0.00	0.00	9.04	13.23	100.00	6.83		
No200	0.072	0.00	0.00	5.65	6.59	100.00	4.19	4 - 8	6
< N°200		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

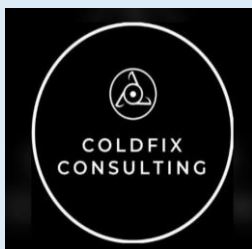
### CURVA GRANULOMÉTRICA MAC 01



  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
**Julio Adrian Rojas Palma**  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

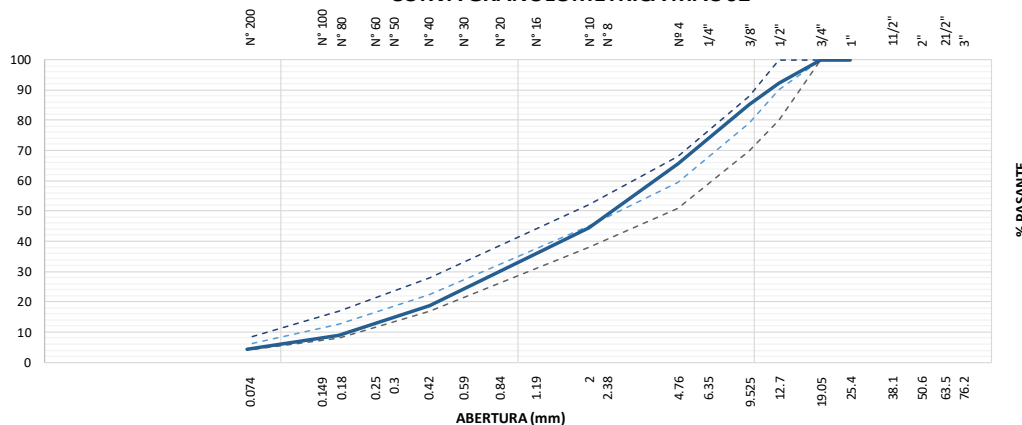


<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	LA HUAYCHA
<b>MUESTRA:</b>	DISEÑO MAC 02
<b>FECHA:</b>	10/07/2023

### COMBINACIÓN TEÓRICA DE AGREGADOS PARA ASFALTO - MAC 02

Malla		Porcentaje pasantes (%)						Especificaciones	
Tamiz	mm	PIEDRAS		ARENAS			MEZCLA	MAC 02	Tamaño máximo
Agregados		Piedra chancada 3/4"	Piedra chancada 1/2"	Arena Natural	Arena Chancada	Cal hidratada			1/2"
Proporciones		3/4"	1/2"	NATURAL	CHANCADA	FILLER	100%	Curva Ideal	
1"	25.405	---	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100	
3/4"	19.055	---	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100	
1/2"	12.700	---	76.73	100.00	100.00	100.00	92.32	90	
3/8"	9.525	---	55.31	100.00	100.00	100.00	85.25	79	
No4	4.750	---	31.68	82.61	81.10	100.00	65.46	60	
No8	2.550	---	12.75	71.19	68.85	100.00	51.40		
No10	2.000	---	6.71	63.55	61.33	100.00	44.40	45	
No16	1.185	---	0.15	48.93	52.69	100.00	34.62		
No30	0.600	---	0.00	36.09	39.09	100.00	25.84		
No40	0.425	---	0.00	27.60	26.49	100.00	18.84	23	
No50	0.295	---	0.00	19.09	20.35	100.00	14.03		
No80	0.175	---	0.00	13.09	11.24	100.00	9.01	13	
No100	0.148	---	0.00	5.99	8.45	100.00	5.79		
No200	0.072	---	0.00	4.85	4.94	100.00	4.23	6	
< N°200		---	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00		

### CURVA GRANULOMÉTRICA MAC 02



**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

**Julio Adrian Rojas Palma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

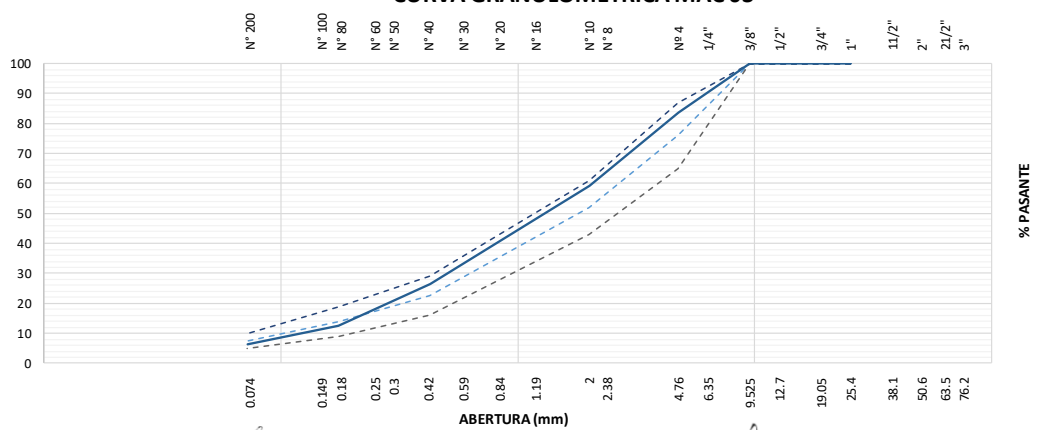


<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA
<b>MUESTRA:</b>	DISEÑO MAC 03
<b>FECHA:</b>	10/07/2023

### COMBINACIÓN TEÓRICA DE AGREGADOS PARA ASFALTO - MAC 03

Malla		Porcentaje pasantes (%)						Especificaciones	
Tamiz	mm	PIEDRAS		ARENAS			MEZCLA	MAC 03	Tamaño máximo
Agregados		Piedra chancada 3/4"	Piedra chancada 1/2"	Arena Natural	Arena Chancada	Cal hidratada			1/2"
Proporciones		3/4"	1/2"	NATURAL	CHANCADA	FILLER	100%	Curva Ideal	
1"	25.405	---	---	58%	41%	1%	100.00	100 - 100	100
3/4"	19.055	---	---	100.00	100.00	100.00	100.00	100 - 100	100
1/2"	12.700	---	---	100.00	100.00	100.00	100.00	100 - 100	100
3/8"	9.525	---	---	100.00	100.00	100.00	100.00	100 - 100	100
No4	4.750	---	---	85.40	81.10	100.00	83.78	65 - 87	76
No8	2.550	---	---	68.52	68.85	100.00	68.97		
No10	2.000	---	---	56.90	61.33	100.00	59.15	43 - 61	52
No16	1.185	---	---	44.38	52.69	100.00	48.34		
No30	0.600	---	---	33.56	39.09	100.00	36.49		
No40	0.425	---	---	25.35	26.49	100.00	26.56	16 - 29	23
No50	0.295	---	---	18.97	20.35	100.00	20.35		
No80	0.175	---	---	11.87	11.24	100.00	12.49	9 - 19	14
No100	0.148	---	---	9.04	8.45	100.00	9.71		
No200	0.072	---	---	5.65	4.94	100.00	6.30	5 - 10	8
< N°200		---	---	0.00	0.00	0.00	0.00		

### CURVA GRANULOMÉTRICA MAC 03



**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

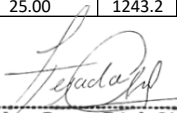


<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA
<b>MUESTRA:</b>	ENSAYO RICE (CHANCHAMAYO)
<b>FECHA:</b>	13/07/2023

### PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS (ENSAYO DE RICE EN CHANCHAMAYO) (MTC E 508) - Diseño MAC 01/MAC 02/MAC 03

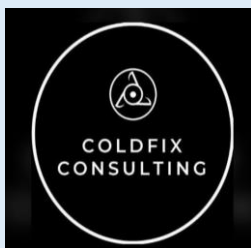
Muestra	Cemento asfáltico	Temperatura	Peso de la mezcla	Peso de la mezcla + agua	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en aire)	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en agua)	Volumen de la mezcla	Peso específico máximo de la mezcla (MAC 01)
	%		°C	gr	gr	gr		gr
MAC-C01	4.00	25.00	1244.0	1444.0	2688.0	2195.5	492.5	2.526
MAC-C02		25.00	1248.1	1448.1	2696.2	2203.1	493.1	2.531
MAC-C03		25.00	1243.7	1443.7	2687.4	2197.0	490.4	2.536
MAC-C04	4.50	25.00	1242.5	1442.5	2685.0	2194.2	490.8	2.531
MAC-C05		25.00	1244.5	1444.5	2689.0	2197.2	491.8	2.530
MAC-C06		25.00	1243.4	1443.4	2686.8	2193.8	493.0	2.522
MAC-C07	5.00	25.00	1249.0	1449.0	2698.0	2201.9	496.1	2.518
MAC-C08		25.00	1242.8	1442.8	2685.6	2190.4	495.2	2.510
MAC-C09		25.00	1246.9	1446.9	2693.8	2197.4	496.4	2.512
MAC-C10	5.50	25.00	1249.8	1449.8	2699.6	2199.1	500.5	2.497
MAC-C11		25.00	1249.4	1449.4	2698.8	2199.2	499.6	2.501
MAC-C12		25.00	1247.6	1447.6	2695.2	2197.2	498.0	2.505
MAC-C13	6.00	25.00	1248.3	1448.3	2696.6	2194.6	502.0	2.487
MAC-C14		25.00	1243.4	1443.4	2686.8	2185.8	501.0	2.482
MAC-C15		25.00	1245.2	1445.2	2690.4	2191.5	498.9	2.496
MAC-C16	6.50	25.00	1245.4	1445.4	2690.8	2189.0	501.8	2.482
MAC-C17		25.00	1244.0	1444.0	2688.0	2185.6	502.4	2.476
MAC-C18		25.00	1247.8	1447.8	2695.6	2190.4	505.2	2.470

Muestra	Cemento asfáltico	Temperatura	Peso de la mezcla	Peso de la mezcla + agua	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en aire)	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en agua)	Volumen de la mezcla	Peso específico máximo de la mezcla (MAC 02)
	%		°C	gr	gr	gr		gr
MAC-C19	4.00	25.00	1242.7	1442.7	2685.4	2193.4	492.0	2.526
MAC-C20		25.00	1245.9	1445.9	2691.8	2199.0	492.8	2.528
MAC-C21		25.00	1249.9	1449.9	2699.8	2206.2	493.6	2.532
MAC-C22	4.50	25.00	1244.9	1444.9	2689.8	2196.8	493.0	2.525
MAC-C23		25.00	1244.6	1444.6	2689.2	2197.5	491.7	2.531
MAC-C24		25.00	1245.2	1445.2	2690.4	2196.3	494.1	2.520
MAC-C25	5.00	25.00	1249.4	1449.4	2698.8	2203.2	495.6	2.521
MAC-C26		25.00	1244.5	1444.5	2689.0	2194.0	495.0	2.514
MAC-C27		25.00	1244.4	1444.4	2688.8	2195.0	493.8	2.520
MAC-C28	5.50	25.00	1245.6	1445.6	2691.2	2192.8	498.4	2.499
MAC-C29		25.00	1243.3	1443.3	2686.6	2190.7	495.9	2.507
MAC-C30		25.00	1246.0	1446.0	2692.0	2192.8	499.2	2.496
MAC-C31	6.00	25.00	1247.1	1447.1	2694.2	2191.7	502.5	2.482
MAC-C32		25.00	1248.6	1448.6	2697.2	2194.5	502.7	2.484
MAC-C33		25.00	1243.7	1443.7	2687.4	2187.9	499.5	2.490
MAC-C34	6.50	25.00	1247.7	1447.7	2695.4	2191.5	503.9	2.476
MAC-C35		25.00	1247.2	1447.2	2694.4	2192.3	502.1	2.484
MAC-C36		25.00	1243.2	1443.2	2686.4	2184.7	501.7	2.478

  
**Juan Ernesto Tejada Díaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
**Julio Adrian Rojas Palma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

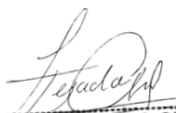
## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA
<b>MUESTRA:</b>	ENSAYO RICE (CHANCHAMAYO)
<b>FECHA:</b>	13/07/2023

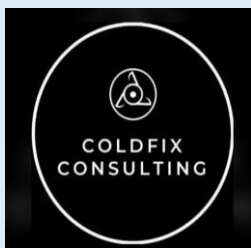
### PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS (ENSAYO DE RICE EN CHANCHAMAYO) (MTC E 508) - Diseño MAC 01/MAC 02/MAC 03

Muestra	Cemento asfáltico	Temperatura	Peso de la mezcla	Peso de la mezcla + agua	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en aire)	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en agua)	Volumen de la mezcla	Peso específico máximo de la mezcla (MAC 03)
	%	°C	gr	gr	gr	gr	cm <sup>3</sup>	gr/cm <sup>3</sup>
MAC-C37	4.00	25.00	1244.3	1444.3	2688.6	2197.8	490.8	2.535
MAC-C38		25.00	1242.7	1442.7	2685.4	2196.3	489.1	2.541
MAC-C39		25.00	1247.1	1447.1	2694.2	2202.6	491.6	2.537
MAC-C40	4.50	25.00	1245.5	1445.5	2691.0	2199.3	491.7	2.533
MAC-C41		25.00	1245.0	1445.0	2690.0	2199.3	490.7	2.537
MAC-C42		25.00	1245.1	1445.1	2690.2	2200.2	490.0	2.541
MAC-C43	5.00	25.00	1242.7	1442.7	2685.4	2194.4	491.0	2.531
MAC-C44		25.00	1246.1	1446.1	2692.2	2199.5	492.7	2.529
MAC-C45		25.00	1242.7	1442.7	2685.4	2192.7	492.7	2.522
MAC-C46	5.50	25.00	1243.1	1443.1	2686.2	2192.1	494.1	2.516
MAC-C47		25.00	1248.3	1448.3	2696.6	2199.7	496.9	2.512
MAC-C48		25.00	1242.8	1442.8	2685.6	2190.1	495.5	2.508
MAC-C49	6.00	25.00	1247.1	1447.1	2694.2	2195.8	498.4	2.502
MAC-C50		25.00	1245.3	1445.3	2690.6	2191.7	498.9	2.496
MAC-C51		25.00	1246.4	1446.4	2692.8	2193.6	499.2	2.497
MAC-C52	6.50	25.00	1249.9	1449.9	2699.8	2199.4	500.4	2.498
MAC-C53		25.00	1245.5	1445.5	2691.0	2190.6	500.4	2.489
MAC-C54		25.00	1245.5	1445.5	2691.0	2191.4	499.6	2.493

  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

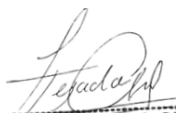
## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA
<b>MUESTRA:</b>	ENSAYO RICE (VILLA RICA)
<b>FECHA:</b>	16/07/2023

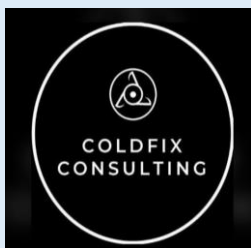
### **PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS (ENSAYO DE RICE EN VILLA RICA) (MTC E 508) - Diseño MAC 01/MAC 02/MAC 03**

Muestra	Cemento asfáltico	Temperatura	Peso de la mezcla	Peso de la mezcla + agua	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en aire)	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en agua)	Volumen de la mezcla	Peso específico máximo de la mezcla (MAC 03)
	%		°C	gr	gr	gr		gr
MAC-V37	4.00	25.00	1246.3	1446.3	2692.6	2199.8	492.8	2.529
MAC-V38			1242.6	1442.6	2685.2	2195.2	490.0	2.536
MAC-V39			1246.1	1446.1	2692.2	2201.4	490.8	2.539
MAC-V40	4.50	25.00	1242.8	1442.8	2685.6	2194.4	491.2	2.530
MAC-V41			1247.2	1447.2	2694.4	2201.0	493.4	2.528
MAC-V42			1249.0	1449.0	2698.0	2205.7	492.3	2.537
MAC-V43	5.00	25.00	1246.3	1446.3	2692.6	2196.7	495.9	2.513
MAC-V44			1247.5	1447.5	2695.0	2200.4	494.6	2.522
MAC-V45			1243.7	1443.7	2687.4	2192.9	494.5	2.515
MAC-V46	5.50	25.00	1242.6	1442.6	2685.2	2187.6	497.6	2.497
MAC-V47			1243.3	1443.3	2686.6	2190.7	495.9	2.507
MAC-V48			1246.2	1446.2	2692.4	2194.3	498.1	2.502
MAC-V49	6.00	25.00	1247.1	1447.1	2694.2	2191.9	502.3	2.483
MAC-V50			1250.3	1450.3	2700.6	2197.7	502.9	2.486
MAC-V51			1250.3	1450.3	2700.6	2198.5	502.1	2.490
MAC-V52	6.50	25.00	1246.8	1446.8	2693.6	2192.3	501.3	2.487
MAC-V53			1246.2	1446.2	2692.4	2190.7	501.7	2.484
MAC-V54			1248.2	1448.2	2696.4	2193.1	503.3	2.480

  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

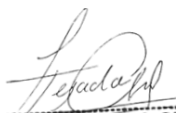
## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA
<b>MUESTRA:</b>	ENSAYO RICE (LIMA)
<b>FECHA:</b>	19/07/2023

### PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS (ENSAYO DE RICE EN LIMA) (MTC E 508) - Diseño MAC 01/MAC 02/MAC 03

Muestra	Cemento asfáltico	Temperatura	Peso de la mezcla	Peso de la mezcla + agua	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en aire)	Peso de picnómetro + mezcla + agua (en agua)	Volumen de la mezcla	Peso específico máximo de la mezcla (MAC 03)
	%		°C	gr	gr	gr		gr
MAC-L37	4.00	25.00	1249.3	1449.3	2698.6	2207.9	490.7	2.546
MAC-L38		25.00	1245.4	1445.4	2690.8	2202.6	488.2	2.551
MAC-L39		25.00	1250.0	1450.0	2700.0	2208.3	491.7	2.542
MAC-L40	4.50	25.00	1249.0	1449.0	2698.0	2207.2	490.8	2.545
MAC-L41		25.00	1245.6	1445.6	2691.2	2200.0	491.2	2.536
MAC-L42		25.00	1247.2	1447.2	2694.4	2204.0	490.4	2.543
MAC-L43	5.00	25.00	1248.1	1448.1	2696.2	2202.5	493.7	2.528
MAC-L44		25.00	1242.9	1442.9	2685.8	2195.9	489.9	2.537
MAC-L45		25.00	1249.1	1449.1	2698.2	2204.5	493.7	2.530
MAC-L46	5.50	25.00	1247.9	1447.9	2695.8	2200.8	495.0	2.521
MAC-L47		25.00	1243.5	1443.5	2687.0	2191.8	495.2	2.511
MAC-L48		25.00	1246.2	1446.2	2692.4	2197.7	494.7	2.519
MAC-L49	6.00	25.00	1243.2	1443.2	2686.4	2190.5	495.9	2.507
MAC-L50		25.00	1247.8	1447.8	2695.6	2195.9	499.7	2.497
MAC-L51		25.00	1246.1	1446.1	2692.2	2194.8	497.4	2.505
MAC-L52	6.50	25.00	1247.7	1447.7	2695.4	2191.9	503.5	2.478
MAC-L53		25.00	1245.1	1445.1	2690.2	2187.9	502.3	2.479
MAC-L54		25.00	1250.0	1450.0	2700.0	2197.0	503.0	2.485

  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.






## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

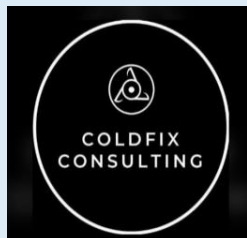
<b>PROYECTO:</b>	EFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023		
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES	<b>MUESTRA:</b>	Diseño MAC 01 (Rice Chanchamayo)
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO	<b>FECHA:</b>	22/07/2023
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA		

### RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504) - Diseño MAC 01 (Chanchamayo)

Ítem	Muestra	Cemento asfáltico	Peso seco	Peso s.s.s.	Peso sumergido	Volumen	Peso específico Bulk	Peso específico teórico máximo	Vacíos	Peso específico Bulk del agregado	V.M.A.	V.L.I.A.	Flujo	Estabilidad	Factor	Estabilidad corregida
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)	(%)	(mm)	(kg)	---	(kg)
1	M01	4.0	1247.6	1252.7	732.3	520.4	2.397	2.531	5.28	2.695	14.62	63.88	1.12	813.8	1	813.8
2	M02	4.0	1247.2	1254.0	732.2	521.8	2.390	2.531	5.56	2.695	14.87	62.59	1.21	778.5	1	778.5
3	M03	4.0	1244.3	1249.1	731.0	518.1	2.402	2.531	5.11	2.695	14.46	64.67	1.46	788.1	1	788.1
4	M04	4.5	1249.7	1257.3	737.5	519.8	2.404	2.528	4.90	2.695	14.82	66.95	1.42	884.4	1	884.4
5	M05	4.5	1247.9	1253.1	735.5	517.6	2.411	2.528	4.63	2.695	14.58	68.24	1.83	852.2	1	852.2
6	M06	4.5	1246.3	1255.1	736.3	518.8	2.402	2.528	4.97	2.695	14.89	66.59	1.91	878.4	1	878.4
7	M07	5.0	1247.1	1257.6	738.5	519.1	2.402	2.513	4.40	2.695	15.33	71.29	2.25	919.3	1	919.3
8	M08	5.0	1249.5	1254.8	736.4	518.4	2.410	2.513	4.09	2.695	15.05	72.85	2.57	935.7	1	935.7
9	M09	5.0	1246.8	1253.5	736.8	516.7	2.413	2.513	3.98	2.695	14.96	73.39	2.48	956.5	1	956.5
10	M10	5.5	1244.5	1252.0	737.1	514.9	2.417	2.501	3.36	2.695	15.26	77.99	3.08	987.6	1	987.6
11	M11	5.5	1245.0	1255.5	738.9	516.6	2.410	2.501	3.64	2.695	15.51	76.54	3.45	1010.6	1	1010.6
12	M12	5.5	1250.5	1260.4	740.5	519.9	2.405	2.501	3.83	2.695	15.67	75.58	3.29	1022.7	1	1022.7
13	M13	6.0	1248.5	1254.6	734.8	519.8	2.402	2.488	3.46	2.695	16.24	78.68	3.90	1010.4	1	1010.4
14	M14	6.0	1244.7	1253.0	737.0	516.0	2.412	2.488	3.05	2.695	15.88	80.81	3.58	979.4	1	979.4
15	M15	6.0	1250.9	1256.6	738.2	518.4	2.413	2.488	3.01	2.695	15.85	80.98	3.65	972.2	1	972.2
16	M16	6.5	1246.9	1257.1	736.2	520.9	2.394	2.476	3.32	2.695	16.97	80.42	3.89	961.9	1	961.9
17	M17	6.5	1247.9	1255.9	737.3	518.6	2.406	2.476	2.82	2.695	16.53	82.97	4.26	955.7	1	955.7
18	M18	6.5	1247.8	1257.4	736.4	521.0	2.395	2.476	3.27	2.695	16.92	80.67	3.78	928.1	1	928.1

  
 Juan Ernesto Tejada Díaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

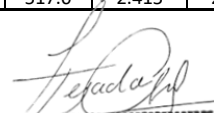


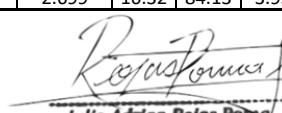
## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

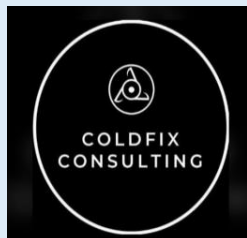
<b>PROYECTO:</b>	EFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023		
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES	<b>MUESTRA:</b>	Diseño MAC 02 (Rice Chanchamayo)
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO	<b>FECHA:</b>	25/07/2023
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA		

### RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504) - Diseño MAC 02 (Chanchamayo)

Ítem	Muestra	Cemento asfáltico	Peso seco	Peso s.s.s.	Peso sumergido	Volumen	Peso específico Bulk	Peso específico teórico máximo	Vacíos	Peso específico Bulk del agregado	V.M.A.	V.L.I.A.	Flujo	Estabilidad	Factor	Estabilidad corregida
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)	(%)	(mm)	(kg)	---	(kg)
1	M19	4.0	1246.0	1253.3	734.5	518.8	2.402	2.529	5.02	2.699	14.56	65.52	1.50	810.7	1	810.7
2	M20	4.0	1244.2	1249.0	732.8	516.2	2.410	2.529	4.68	2.699	14.26	67.17	1.78	777.2	1	777.2
3	M21	4.0	1250.8	1257.0	735.1	521.9	2.397	2.529	5.22	2.699	14.74	64.58	1.37	783.9	1	783.9
4	M22	4.5	1248.6	1253.9	733.2	520.7	2.398	2.525	5.05	2.699	15.14	66.68	1.64	809.8	1	809.8
5	M23	4.5	1244.3	1250.6	733.8	516.8	2.408	2.525	4.66	2.699	14.79	68.52	1.87	830.9	1	830.9
6	M24	4.5	1245.3	1254.4	737.9	516.5	2.411	2.525	4.53	2.699	14.68	69.16	2.11	846.5	1	846.5
7	M25	5.0	1249.2	1256.4	739.4	517.0	2.416	2.518	4.05	2.699	14.94	72.87	2.14	890.2	1	890.2
8	M26	5.0	1250.5	1256.9	738.8	518.1	2.414	2.518	4.16	2.699	15.03	72.34	2.30	921.8	1	921.8
9	M27	5.0	1245.6	1253.9	735.4	518.5	2.402	2.518	4.61	2.699	15.43	70.14	2.68	913.1	1	913.1
10	M28	5.5	1248.0	1256.8	737.9	518.9	2.405	2.501	3.82	2.699	15.78	75.78	2.88	954.7	1	954.7
11	M29	5.5	1251.0	1260.7	739.2	521.5	2.399	2.501	4.07	2.699	16.00	74.55	2.96	979.0	1	979.0
12	M30	5.5	1244.1	1253.9	738.3	515.6	2.413	2.501	3.51	2.699	15.50	77.37	3.35	996.0	1	996.0
13	M31	6.0	1244.0	1249.2	733.1	516.1	2.410	2.485	3.02	2.699	16.04	81.20	3.94	996.8	1	996.8
14	M32	6.0	1250.0	1260.3	739.9	520.4	2.402	2.485	3.35	2.699	16.33	79.47	3.52	987.0	1	987.0
15	M33	6.0	1249.9	1258.6	737.5	521.1	2.399	2.485	3.49	2.699	16.45	78.78	3.65	1029.8	1	1029.8
16	M34	6.5	1248.5	1259.0	740.1	518.9	2.406	2.479	2.96	2.699	16.64	82.23	4.41	1017.9	1	1017.9
17	M35	6.5	1248.5	1256.3	740.3	516.0	2.420	2.479	2.41	2.699	16.17	85.09	4.30	1041.1	1	1041.1
18	M36	6.5	1248.6	1256.8	739.8	517.0	2.415	2.479	2.59	2.699	16.32	84.13	3.95	992.3	1	992.3

  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

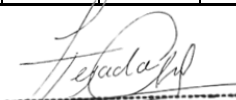


## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

<b>PROYECTO:</b>	EFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023		
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES	<b>MUESTRA:</b>	Diseño MAC 03 (Rice Chanchamayo)
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO	<b>FECHA:</b>	28/07/2023
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA		

### RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504) - Diseño MAC 03 (Chanchamayo)

Ítem	Muestra	Cemento asfáltico	Peso seco	Peso s.s.s.	Peso sumergido	Volumen	Peso específico Bulk	Peso específico teórico máximo	Vacíos	Peso específico Bulk del agregado	V.M.A.	V.L.I.A.	Flujo	Estabilidad	Factor	Estabilidad corregida
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)	(%)	(mm)	(kg)	---	(kg)
1	M37	4.0	1245.8	1250.8	734.0	516.8	2.411	2.538	5.01	2.706	14.48	65.42	1.58	689.7	1	689.7
2	M38	4.0	1250.0	1256.2	734.8	521.4	2.397	2.538	5.53	2.706	14.95	63.03	1.51	715.3	1	715.3
3	M39	4.0	1246.6	1254.6	735.2	519.4	2.400	2.538	5.42	2.706	14.86	63.50	1.96	707.2	1	707.2
4	M40	4.5	1247.2	1253.9	736.8	517.1	2.412	2.537	4.93	2.706	14.88	66.87	1.95	739.7	1	739.7
5	M41	4.5	1249.1	1257.8	738.8	519.0	2.407	2.537	5.13	2.706	15.06	65.92	2.29	744.5	1	744.5
6	M42	4.5	1250.4	1254.9	737.9	517.0	2.419	2.537	4.67	2.706	14.65	68.13	2.50	772.5	1	772.5
7	M43	5.0	1248.5	1254.8	736.7	518.1	2.410	2.527	4.65	2.706	15.40	69.80	2.61	828.9	1	828.9
8	M44	5.0	1246.8	1252.4	738.4	514.0	2.426	2.527	4.02	2.706	14.84	72.90	2.80	788.3	1	788.3
9	M45	5.0	1249.0	1257.4	741.6	515.8	2.421	2.527	4.19	2.706	14.99	72.06	3.11	800.2	1	800.2
10	M46	5.5	1246.1	1251.9	734.4	517.5	2.408	2.512	4.14	2.706	15.91	73.96	3.42	875.7	1	875.7
11	M47	5.5	1246.7	1253.7	738.2	515.5	2.418	2.512	3.72	2.706	15.54	76.04	3.26	840.9	1	840.9
12	M48	5.5	1248.8	1255.1	738.5	516.6	2.417	2.512	3.77	2.706	15.58	75.82	3.77	857.8	1	857.8
13	M49	6.0	1250.6	1258.7	738.3	520.4	2.403	2.498	3.81	2.706	16.52	76.94	4.04	878.1	1	878.1
14	M50	6.0	1248.4	1253.1	734.9	518.2	2.409	2.498	3.57	2.706	16.32	78.11	4.30	888.9	1	888.9
15	M51	6.0	1244.9	1251.8	736.7	515.1	2.417	2.498	3.26	2.706	16.05	79.67	3.95	908.7	1	908.7
16	M52	6.5	1247.4	1256.1	740.1	516.0	2.417	2.493	3.04	2.706	16.47	81.52	4.60	898.2	1	898.2
17	M53	6.5	1244.6	1254.4	740.5	513.9	2.422	2.493	2.87	2.706	16.32	82.44	4.92	916.7	1	916.7
18	M54	6.5	1249.9	1259.3	739.4	519.9	2.404	2.493	3.58	2.706	16.93	78.87	5.03	877.7	1	877.7

  
 Juan Ernesto Tejada Dtaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

<b>PROYECTO:</b>	EFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023		
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES	<b>MUESTRA:</b>	Diseño MAC 01 (Rice Villa Rica)
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO	<b>FECHA:</b>	31/07/2023
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA		

### RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504) - Diseño MAC 01 (Villa Rica)

Ítem	Muestra	Cemento asfáltico	Peso seco	Peso s.s.s.	Peso sumergido	Volumen	Peso específico Bulk	Peso específico teórico máximo	Vacíos	Peso específico Bulk del agregado	V.M.A.	V.L.I.A.	Flujo	Estabilidad	Factor	Estabilidad corregida
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)	(%)	(mm)	(kg)	---	(kg)
1	M01	4.0	1245.2	1251.2	732.2	519.0	2.399	2.520	4.79	2.695	14.55	67.06	1.62	758.9	1	758.9
2	M02	4.0	1247.9	1257.1	734.7	522.4	2.389	2.520	5.21	2.695	14.92	65.11	1.26	791.3	1	791.3
3	M03	4.0	1247.4	1257.4	735.7	521.7	2.391	2.520	5.12	2.695	14.84	65.52	1.48	807.9	1	807.9
4	M04	4.5	1248.2	1257.2	738.0	519.2	2.404	2.516	4.45	2.695	14.82	69.99	2.20	891.4	1	891.4
5	M05	4.5	1248.3	1256.2	735.7	520.5	2.398	2.516	4.68	2.695	15.03	68.87	1.73	905.5	1	905.5
6	M06	4.5	1247.6	1256.2	738.7	517.5	2.411	2.516	4.18	2.695	14.58	71.34	1.98	927.7	1	927.7
7	M07	5.0	1245.8	1253.7	734.2	519.5	2.398	2.504	4.23	2.695	15.48	72.68	2.44	1012.6	1	1012.6
8	M08	5.0	1244.7	1251.3	735.1	516.2	2.411	2.504	3.70	2.695	15.02	75.34	2.79	1058.3	1	1058.3
9	M09	5.0	1249.1	1255.4	736.7	518.7	2.408	2.504	3.83	2.695	15.13	74.69	2.70	1018.5	1	1018.5
10	M10	5.5	1250.4	1255.4	735.2	520.2	2.404	2.496	3.70	2.695	15.73	76.49	2.94	1055.7	1	1055.7
11	M11	5.5	1250.3	1257.1	738.9	518.2	2.413	2.496	3.33	2.695	15.41	78.36	3.07	1100.6	1	1100.6
12	M12	5.5	1250.8	1256.0	734.9	521.1	2.400	2.496	3.83	2.695	15.85	75.81	3.29	1079.5	1	1079.5
13	M13	6.0	1247.3	1254.6	734.3	520.3	2.397	2.472	3.02	2.695	16.40	81.57	3.53	1081.6	1	1081.6
14	M14	6.0	1246.6	1252.0	733.9	518.1	2.406	2.472	2.67	2.695	16.09	83.43	3.46	1070.9	1	1070.9
15	M15	6.0	1250.9	1259.7	736.5	523.2	2.391	2.472	3.28	2.695	16.62	80.25	3.84	1043.4	1	1043.4
16	M16	6.5	1245.7	1252.1	732.7	519.4	2.398	2.456	2.35	2.695	16.81	86.03	3.69	1010.1	1	1010.1
17	M17	6.5	1249.1	1257.0	734.0	523.0	2.388	2.456	2.76	2.695	17.15	83.94	3.85	992.9	1	992.9
18	M18	6.5	1244.7	1254.4	735.1	519.3	2.397	2.456	2.41	2.695	16.86	85.72	4.25	965.5	1	965.5

  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

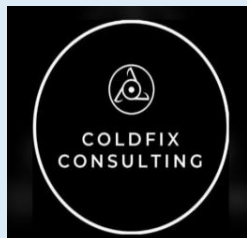
<b>PROYECTO:</b>	EFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023		
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES	<b>MUESTRA:</b>	Diseño MAC 02 (Rice Villa Rica)
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO	<b>FECHA:</b>	3/08/2023
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA		

### RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504) - Diseño MAC 02 (Villa Rica)

Ítem	Muestra	Cemento asfáltico	Peso seco	Peso s.s.s.	Peso sumergido	Volumen	Peso específico Bulk	Peso específico teórico máximo	Vacíos	Peso específico Bulk del agregado	V.M.A.	V.L.I.A.	Flujo	Estabilidad	Factor	Estabilidad corregida
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)	(%)	(mm)	(kg)	---	(kg)
1	M19	4.0	1245.7	1256.4	736.7	519.7	2.397	2.523	5.01	2.699	14.73	66.00	1.15	779.4	1	779.4
2	M20	4.0	1250.7	1256.2	735.8	520.4	2.403	2.523	4.76	2.699	14.50	67.21	1.68	804.1	1	804.1
3	M21	4.0	1248.3	1256.5	734.1	522.4	2.390	2.523	5.30	2.699	14.99	64.64	1.48	818.5	1	818.5
4	M22	4.5	1247.6	1255.3	734.1	521.2	2.394	2.520	5.02	2.699	15.29	67.14	1.63	877.8	1	877.8
5	M23	4.5	1245.7	1253.7	735.7	518.0	2.405	2.520	4.58	2.699	14.90	69.23	1.72	899.1	1	899.1
6	M24	4.5	1249.1	1254.9	734.7	520.2	2.401	2.520	4.73	2.699	15.03	68.54	2.10	910.7	1	910.7
7	M25	5.0	1246.3	1254.5	733.9	520.6	2.394	2.505	4.42	2.699	15.72	71.89	2.16	954.3	1	954.3
8	M26	5.0	1246.9	1253.4	734.1	519.3	2.401	2.505	4.13	2.699	15.47	73.28	2.35	964.4	1	964.4
9	M27	5.0	1245.0	1252.6	736.1	516.5	2.410	2.505	3.76	2.699	15.14	75.16	2.67	989.2	1	989.2
10	M28	5.5	1247.7	1258.0	735.9	522.1	2.390	2.488	3.94	2.699	16.31	75.88	3.32	995.9	1	995.9
11	M29	5.5	1247.0	1255.9	736.5	519.4	2.401	2.488	3.49	2.699	15.93	78.09	2.88	1040.4	1	1040.4
12	M30	5.5	1246.8	1255.9	737.0	518.9	2.403	2.488	3.41	2.699	15.86	78.48	3.11	1004.4	1	1004.4
13	M31	6.0	1247.5	1253.5	733.9	519.6	2.401	2.478	3.11	2.699	16.37	80.99	3.34	1038.0	1	1038.0
14	M32	6.0	1248.3	1254.4	733.6	520.8	2.397	2.478	3.27	2.699	16.51	80.17	3.81	990.7	1	990.7
15	M33	6.0	1247.4	1252.1	734.9	517.2	2.412	2.478	2.67	2.699	15.99	83.30	3.94	1025.1	1	1025.1
16	M34	6.5	1244.5	1250.8	734.2	516.6	2.409	2.464	2.23	2.699	16.53	86.50	4.05	959.0	1	959.0
17	M35	6.5	1247.4	1255.2	735.3	519.9	2.399	2.464	2.63	2.699	16.87	84.44	4.16	946.7	1	946.7
18	M36	6.5	1246.3	1253.5	734.4	519.1	2.401	2.464	2.56	2.699	16.82	84.77	4.55	993.0	1	993.0

  
 Juan Ernesto Tejada Díaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 COLDPIX E.I.R.L.

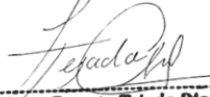


## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

<b>PROYECTO:</b>	EFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023		
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES	<b>MUESTRA:</b>	Diseño MAC 03 (Rice Villa Rica)
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO	<b>FECHA:</b>	6/08/2023
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA		

### RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504) - Diseño MAC 03 (Villa Rica)

Ítem	Muestra	Cemento asfáltico	Peso seco	Peso s.s.s.	Peso sumergido	Volumen	Peso específico Bulk	Peso específico teórico máximo	Vacíos	Peso específico Bulk del agregado	V.M.A.	V.L.I.A.	Flujo	Estabilidad	Factor	Estabilidad corregida
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)	(%)	(mm)	(kg)	---	(kg)
1	M37	4.0	1249.4	1258.3	737.2	521.1	2.398	2.535	5.41	2.706	14.94	63.81	1.45	697.9	1	697.9
2	M38	4.0	1246.0	1254.8	735.7	519.1	2.400	2.535	5.30	2.706	14.85	64.30	1.86	705.7	1	705.7
3	M39	4.0	1245.5	1253.3	736.8	516.5	2.411	2.535	4.86	2.706	14.45	66.36	1.62	734.9	1	734.9
4	M40	4.5	1244.6	1251.3	735.0	516.3	2.411	2.532	4.78	2.706	14.93	67.97	1.96	766.3	1	766.3
5	M41	4.5	1249.2	1255.7	736.0	519.7	2.404	2.532	5.05	2.706	15.17	66.68	2.33	791.6	1	791.6
6	M42	4.5	1247.3	1252.5	736.3	516.2	2.416	2.532	4.56	2.706	14.73	69.06	2.38	747.2	1	747.2
7	M43	5.0	1248.7	1256.4	738.0	518.4	2.409	2.517	4.29	2.706	15.44	72.22	2.56	829.7	1	829.7
8	M44	5.0	1248.8	1258.8	738.0	520.8	2.398	2.517	4.72	2.706	15.82	70.16	2.80	845.7	1	845.7
9	M45	5.0	1247.0	1255.0	737.9	517.1	2.412	2.517	4.18	2.706	15.34	72.77	2.99	877.8	1	877.8
10	M46	5.5	1244.0	1252.5	736.5	516.0	2.411	2.502	3.64	2.706	15.81	76.96	3.79	879.9	1	879.9
11	M47	5.5	1246.6	1255.1	735.4	519.7	2.399	2.502	4.13	2.706	16.23	74.57	3.29	914.7	1	914.7
12	M48	5.5	1248.0	1256.0	738.8	517.2	2.413	2.502	3.56	2.706	15.73	77.39	3.38	920.8	1	920.8
13	M49	6.0	1247.0	1253.4	737.2	516.2	2.416	2.486	2.84	2.706	16.09	82.35	3.78	917.5	1	917.5
14	M50	6.0	1246.5	1254.1	734.9	519.2	2.401	2.486	3.44	2.706	16.60	79.28	4.31	896.3	1	896.3
15	M51	6.0	1244.2	1251.6	735.8	515.8	2.412	2.486	2.98	2.706	16.21	81.60	4.14	941.8	1	941.8
16	M52	6.5	1244.7	1251.5	738.2	513.3	2.425	2.484	2.37	2.706	16.21	85.41	4.68	929.2	1	929.2
17	M53	6.5	1247.0	1256.0	738.4	517.6	2.409	2.484	3.00	2.706	16.76	82.11	4.37	886.2	1	886.2
18	M54	6.5	1246.1	1252.2	737.2	515.0	2.420	2.484	2.58	2.706	16.40	84.27	4.10	898.4	1	898.4

  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

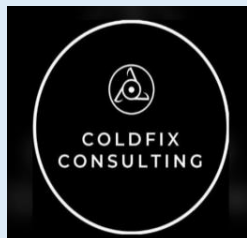
<b>PROYECTO:</b>	EFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023		
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES	<b>MUESTRA:</b>	Diseño MAC 01 (Rice Lima)
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO	<b>FECHA:</b>	9/08/2023
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA		

### RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504) - Diseño MAC 01 (Lima)

Ítem	Muestra	Cemento asfáltico	Peso seco	Peso s.s.s.	Peso sumergido	Volumen	Peso específico Bulk	Peso específico teórico máximo	Vacios	Peso específico Bulk del agregado	V.M.A.	V.L.I.A.	Flujo	Estabilidad	Factor	Estabilidad corregida
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)	(%)	(mm)	(kg)	---	(kg)
1	M01	4.0	1244.7	1249.7	734.9	514.8	2.418	2.532	4.51	2.695	13.89	67.53	1.52	762.1	1	762.1
2	M02	4.0	1248.0	1251.9	732.4	519.5	2.402	2.532	5.12	2.695	14.44	64.53	1.66	785.6	1	785.6
3	M03	4.0	1244.3	1248.9	732.0	516.9	2.407	2.532	4.93	2.695	14.27	65.46	1.82	801.4	1	801.4
4	M04	4.5	1247.4	1249.8	733.1	516.7	2.414	2.529	4.53	2.695	14.47	68.70	1.87	879.6	1	879.6
5	M05	4.5	1248.7	1252.9	734.6	518.3	2.409	2.529	4.72	2.695	14.64	67.74	2.15	864.2	1	864.2
6	M06	4.5	1251.5	1253.4	736.0	517.4	2.419	2.529	4.34	2.695	14.30	69.63	2.20	890.9	1	890.9
7	M07	5.0	1247.7	1252.4	736.6	515.8	2.419	2.518	3.95	2.695	14.75	73.24	2.45	935.3	1	935.3
8	M08	5.0	1248.4	1256.1	737.2	518.9	2.406	2.518	4.47	2.695	15.21	70.63	2.75	962.7	1	962.7
9	M09	5.0	1252.1	1256.1	736.5	519.6	2.410	2.518	4.31	2.695	15.07	71.39	2.31	967.6	1	967.6
10	M10	5.5	1247.1	1254.2	738.1	516.1	2.416	2.511	3.75	2.695	15.28	75.43	2.94	996.5	1	996.5
11	M11	5.5	1250.4	1253.9	737.7	516.2	2.422	2.511	3.52	2.695	15.08	76.66	3.27	1013.0	1	1013.0
12	M12	5.5	1247.7	1254.9	737.5	517.4	2.411	2.511	3.95	2.695	15.46	74.44	3.16	1040.7	1	1040.7
13	M13	6.0	1249.3	1253.6	736.9	516.7	2.418	2.493	3.01	2.695	15.68	80.78	3.97	1026.5	1	1026.5
14	M14	6.0	1245.1	1250.5	735.2	515.3	2.416	2.493	3.08	2.695	15.74	80.44	3.67	1054.8	1	1054.8
15	M15	6.0	1251.0	1255.2	735.6	519.6	2.408	2.493	3.42	2.695	16.04	78.65	3.84	1057.3	1	1057.3
16	M16	6.5	1247.3	1255.1	738.2	516.9	2.413	2.479	2.67	2.695	16.30	83.59	4.37	1034.9	1	1034.9
17	M17	6.5	1244.0	1247.8	735.0	512.8	2.426	2.479	2.16	2.695	15.85	86.40	4.58	1069.4	1	1069.4
18	M18	6.5	1244.8	1252.6	736.2	516.4	2.411	2.479	2.77	2.695	16.38	83.06	4.62	1048.5	1	1048.5

  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Palma  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.



## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

<b>PROYECTO:</b>	EFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023		
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES	<b>MUESTRA:</b>	Diseño MAC 02 (Rice Lima)
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO	<b>FECHA:</b>	12/08/2023
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA		

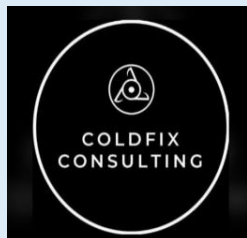
### RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504) - Diseño MAC 02 (Lima)

Ítem	Muestra	Cemento asfáltico	Peso seco	Peso s.s.s.	Peso sumergido	Volumen	Peso específico Bulk	Peso específico teórico máximo	Vacíos	Peso específico Bulk del agregado	V.M.A.	V.L.I.A.	Flujo	Estabilidad	Factor	Estabilidad corregida
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)	(%)	(mm)	(kg)	---	(kg)
1	M19	4.0	1250.5	1258.4	736.9	521.5	2.398	2.534	5.36	2.699	14.70	63.54	1.20	780.0	1	780.0
2	M20	4.0	1246.5	1251.1	734.1	517.0	2.411	2.534	4.84	2.699	14.23	65.99	1.40	811.9	1	811.9
3	M21	4.0	1248.0	1253.0	734.3	518.7	2.406	2.534	5.04	2.699	14.41	65.03	1.53	820.4	1	820.4
4	M22	4.5	1247.3	1256.6	736.9	519.7	2.400	2.530	5.15	2.699	15.07	65.82	1.93	847.7	1	847.7
5	M23	4.5	1249.5	1256.8	735.4	521.4	2.396	2.530	5.29	2.699	15.19	65.17	2.20	873.2	1	873.2
6	M24	4.5	1246.7	1255.0	736.6	518.4	2.405	2.530	4.96	2.699	14.89	66.72	1.70	887.5	1	887.5
7	M25	5.0	1244.4	1254.1	737.2	516.9	2.407	2.525	4.67	2.699	15.25	69.39	2.48	905.3	1	905.3
8	M26	5.0	1245.3	1251.4	736.8	514.6	2.420	2.525	4.17	2.699	14.81	71.82	2.78	950.5	1	950.5
9	M27	5.0	1248.1	1253.6	734.9	518.7	2.406	2.525	4.72	2.699	15.29	69.16	2.37	941.3	1	941.3
10	M28	5.5	1250.1	1254.7	738.5	516.2	2.422	2.509	3.48	2.699	15.20	77.11	2.91	966.6	1	966.6
11	M29	5.5	1248.9	1254.0	736.0	518.0	2.411	2.509	3.91	2.699	15.57	74.92	3.17	995.7	1	995.7
12	M30	5.5	1244.5	1252.8	738.5	514.3	2.420	2.509	3.56	2.699	15.26	76.71	3.29	983.0	1	983.0
13	M31	6.0	1246.5	1254.4	736.0	518.4	2.405	2.492	3.50	2.699	16.24	78.47	3.20	995.6	1	995.6
14	M32	6.0	1246.9	1254.5	738.9	515.6	2.418	2.492	2.94	2.699	15.76	81.33	3.44	974.4	1	974.4
15	M33	6.0	1249.7	1256.0	736.8	519.2	2.407	2.492	3.40	2.699	16.16	78.96	3.71	949.2	1	949.2
16	M34	6.5	1247.5	1256.9	735.4	521.5	2.392	2.472	3.23	2.699	17.12	81.13	3.58	921.5	1	921.5
17	M35	6.5	1244.0	1250.6	733.6	517.0	2.406	2.472	2.66	2.699	16.63	83.99	3.78	906.6	1	906.6
18	M36	6.5	1249.5	1259.8	738.5	521.3	2.397	2.472	3.04	2.699	16.95	82.08	4.22	952.6	1	952.6

  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
**Julio Adrian Rojas Poma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.





## LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

<b>PROYECTO:</b>	EFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023		
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES	<b>MUESTRA:</b>	Diseño MAC 03 (Rice Lima)
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO	<b>FECHA:</b>	15/08/2023
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA		

### RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL (MTC E 504) - Diseño MAC 03 (Lima)

Ítem	Muestra	Cemento asfáltico	Peso seco	Peso s.s.s.	Peso sumergido	Volumen	Peso específico Bulk	Peso específico teórico máximo	Vacíos	Peso específico Bulk del agregado	V.M.A.	V.L.I.A.	Flujo	Estabilidad	Factor	Estabilidad corregida
		(%)	(gr)	(gr)	(gr)	(cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(%)	(%)	(mm)	(kg)	---	(kg)
1	M37	4.0	1245.5	1250.7	732.4	518.3	2.403	2.546	5.63	2.706	14.75	61.85	1.53	674.5	1	674.5
2	M38	4.0	1248.1	1256.6	736.2	520.4	2.398	2.546	5.81	2.706	14.92	61.04	1.36	687.5	1	687.5
3	M39	4.0	1246.1	1252.7	736.1	516.6	2.412	2.546	5.27	2.706	14.43	63.47	1.77	691.2	1	691.2
4	M40	4.5	1244.4	1252.3	737.2	515.1	2.416	2.541	4.94	2.706	14.74	66.50	2.12	748.2	1	748.2
5	M41	4.5	1249.2	1259.1	740.3	518.8	2.408	2.541	5.25	2.706	15.02	65.04	2.37	766.9	1	766.9
6	M42	4.5	1245.2	1251.9	737.3	514.6	2.420	2.541	4.78	2.706	14.60	67.24	2.41	781.9	1	781.9
7	M43	5.0	1245.3	1251.5	737.8	513.7	2.424	2.532	4.25	2.706	14.90	71.50	2.87	802.1	1	802.1
8	M44	5.0	1250.8	1256.3	738.0	518.3	2.413	2.532	4.68	2.706	15.28	69.39	3.06	808.5	1	808.5
9	M45	5.0	1244.7	1251.2	736.4	514.8	2.418	2.532	4.50	2.706	15.12	70.26	2.73	833.0	1	833.0
10	M46	5.5	1246.4	1254.7	738.4	516.3	2.414	2.517	4.09	2.706	15.70	73.95	3.68	847.3	1	847.3
11	M47	5.5	1246.5	1253.0	739.1	513.9	2.426	2.517	3.63	2.706	15.30	76.25	3.24	857.5	1	857.5
12	M48	5.5	1250.6	1255.1	737.8	517.3	2.418	2.517	3.95	2.706	15.58	74.63	3.35	872.2	1	872.2
13	M49	6.0	1248.8	1257.5	739.5	518.0	2.411	2.503	3.68	2.706	16.26	77.34	4.11	887.2	1	887.2
14	M50	6.0	1246.1	1252.0	734.2	517.8	2.407	2.503	3.85	2.706	16.40	76.51	3.71	874.9	1	874.9
15	M51	6.0	1245.7	1251.2	736.8	514.4	2.422	2.503	3.25	2.706	15.88	79.53	4.24	857.1	1	857.1
16	M52	6.5	1246.9	1255.5	734.4	521.1	2.393	2.481	3.54	2.706	17.32	79.56	4.30	839.7	1	839.7
17	M53	6.5	1250.1	1258.5	738.7	519.8	2.405	2.481	3.05	2.706	16.90	81.95	4.68	844.6	1	844.6
18	M54	6.5	1249.4	1256.4	736.3	520.1	2.402	2.481	3.16	2.706	17.00	81.40	4.92	876.2	1	876.2

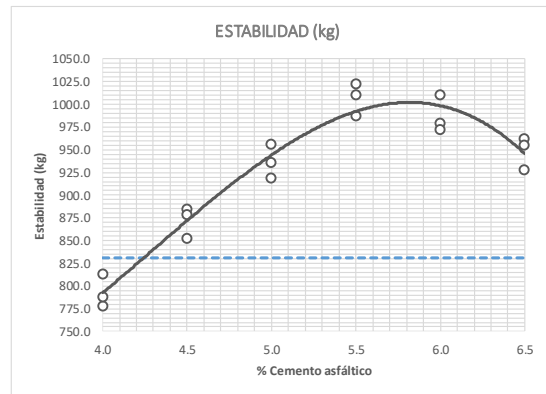
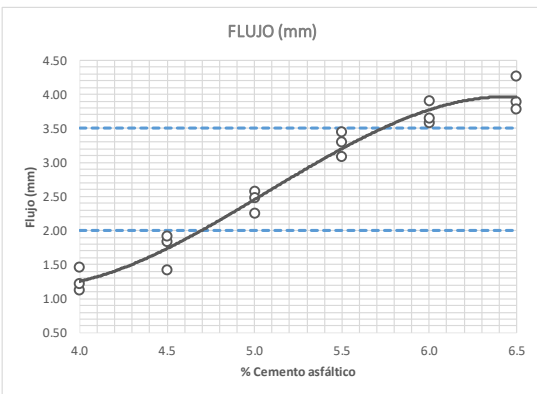
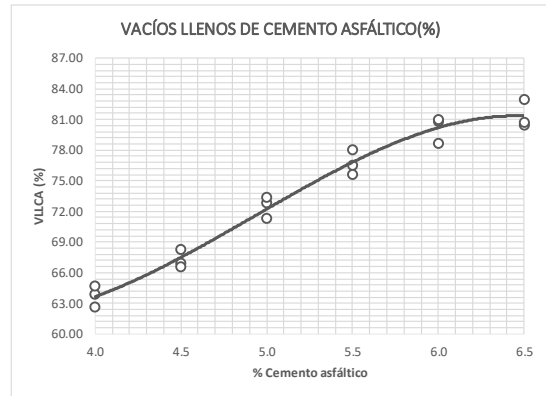
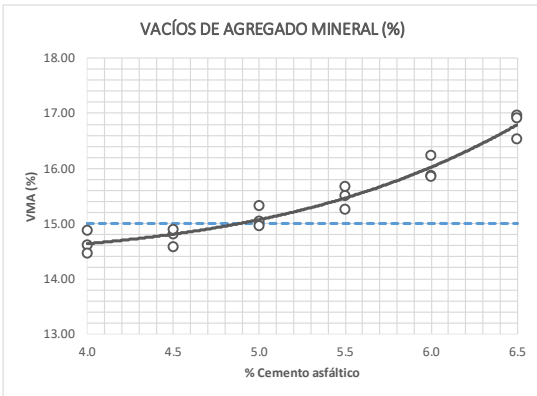
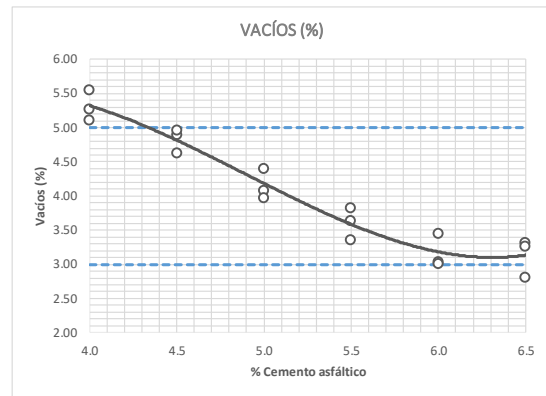
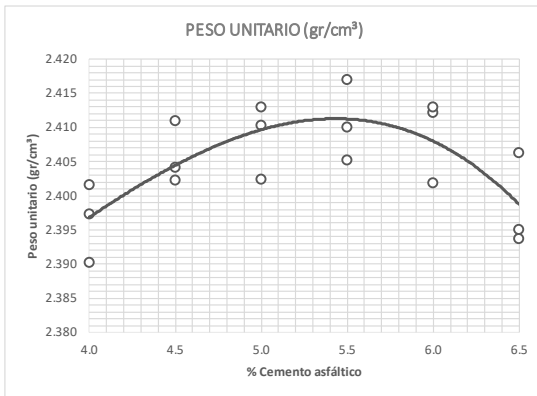
  
 Juan Ernesto Tejada Diaz  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

  
 Julio Adrian Rojas Poma  
 TECNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

# LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA
<b>MUESTRA:</b>	Diseño MAC 01 (Rice Chanchamayo)
<b>FECHA:</b>	22/07/2023



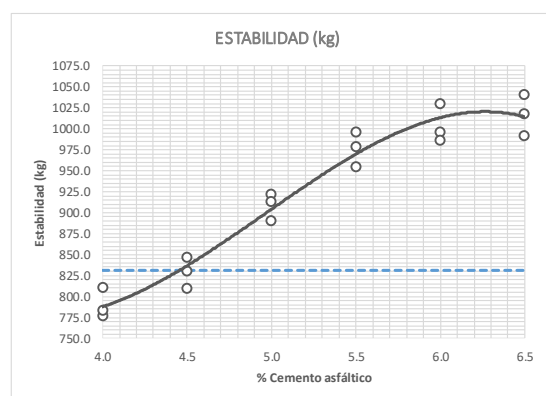
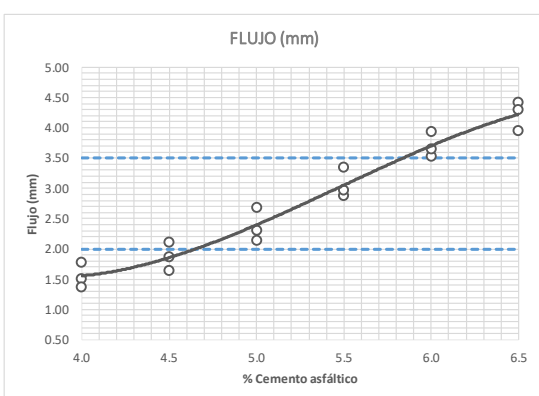
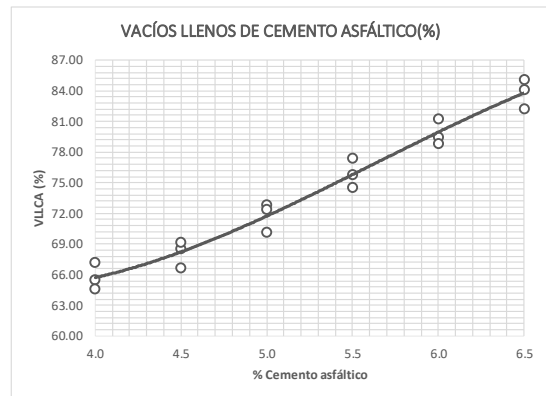
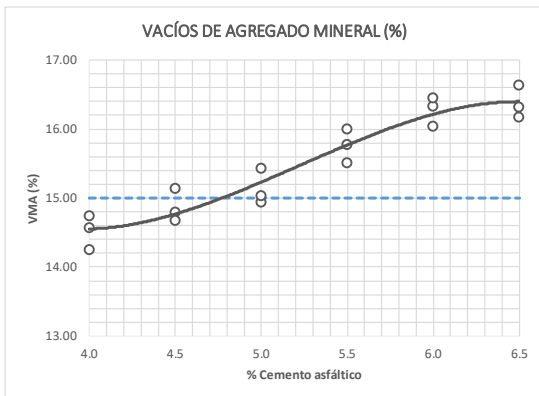
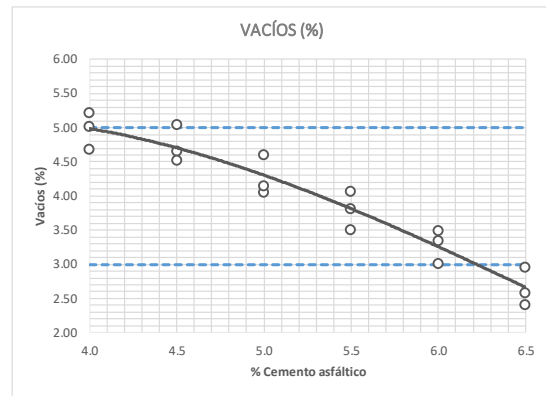
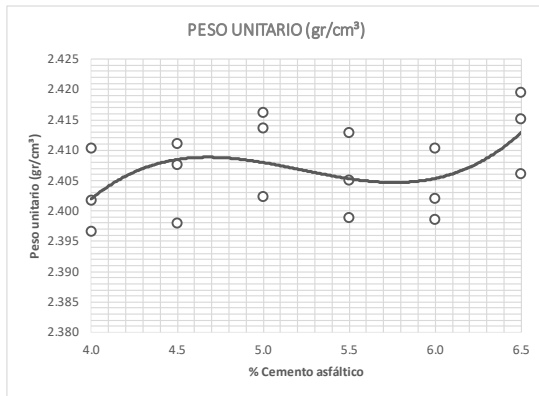
*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Palma*  
**Julio Adrian Rojas Palma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

# LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA
<b>MUESTRA:</b>	Diseño MAC 02 (Rice Chanchamayo)
<b>FECHA:</b>	25/07/2023



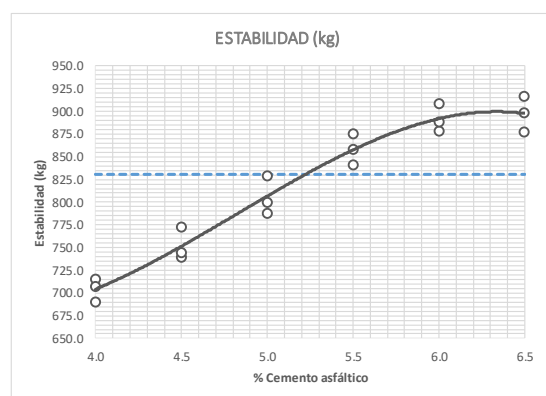
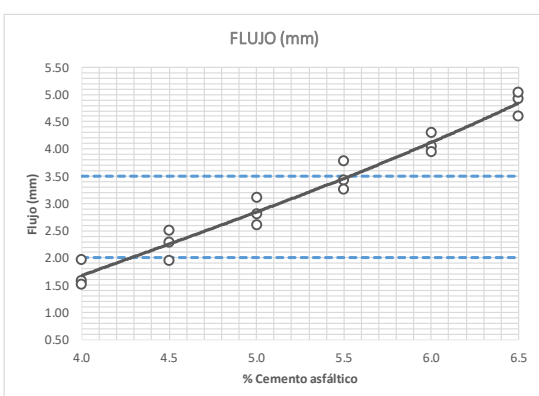
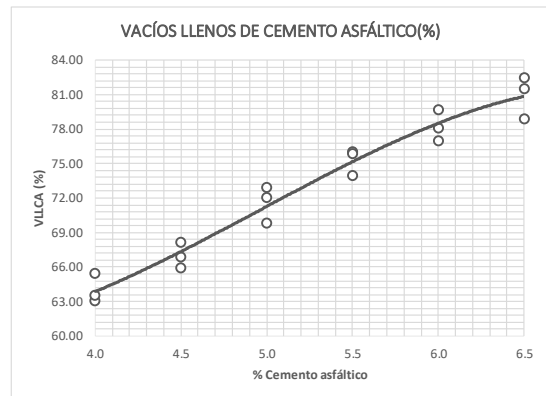
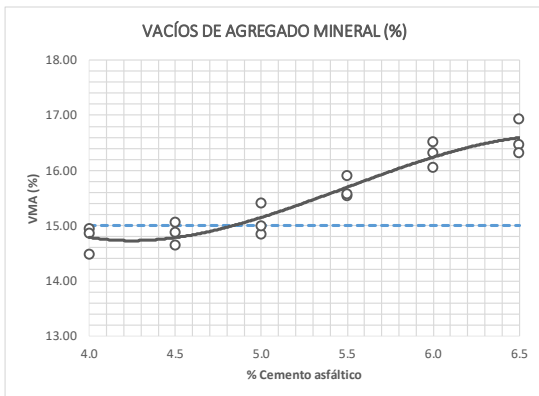
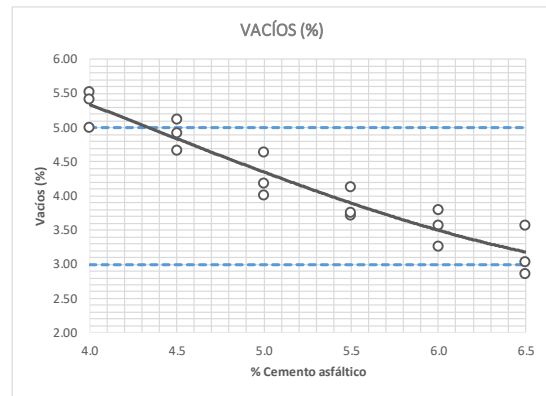
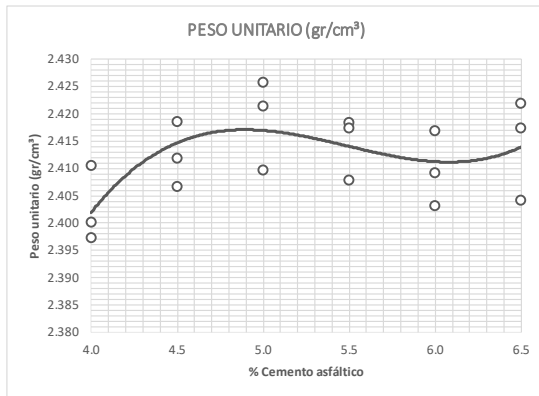
*Juan Ernesto Tejada Díaz*  
**Juan Ernesto Tejada Díaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Palma*  
**Julio Adrian Rojas Palma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

# LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA
<b>MUESTRA:</b>	Diseño MAC 03 (Rice Chanchamayo)
<b>FECHA:</b>	28/07/2023



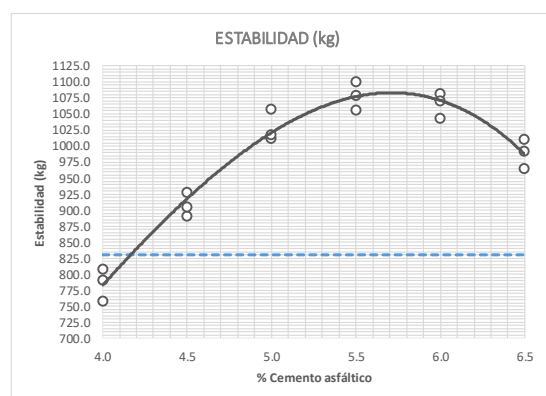
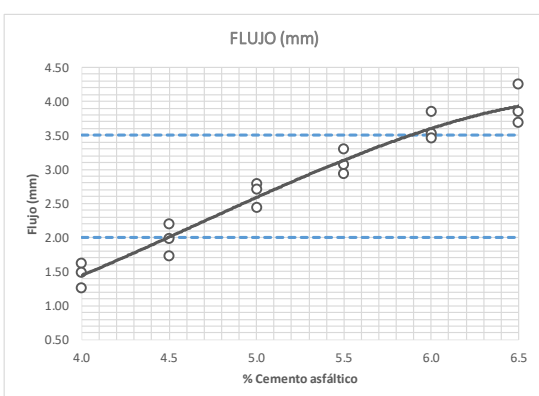
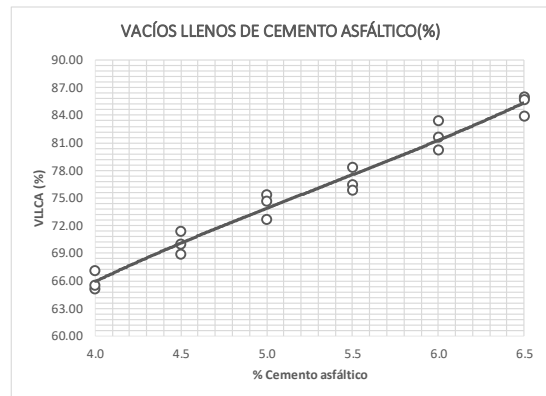
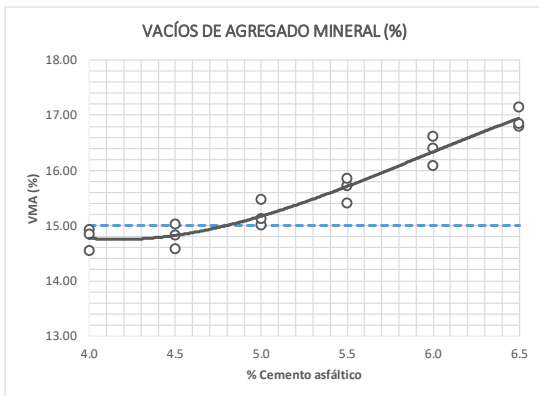
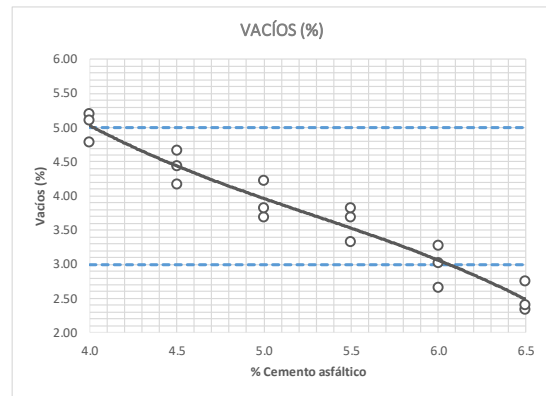
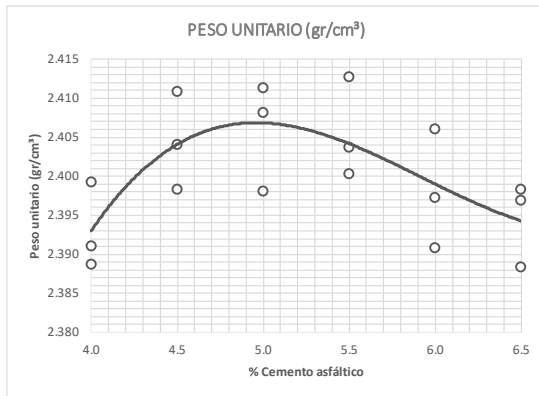
*Juan Ernesto Tejada Díaz*  
**Juan Ernesto Tejada Díaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Palma*  
**Julio Adrian Rojas Palma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

# LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA
<b>MUESTRA:</b>	Diseño MAC 01 (Rice Villa Rica)
<b>FECHA:</b>	31/07/2023



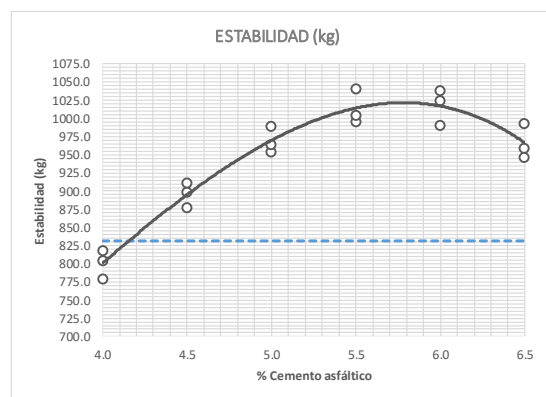
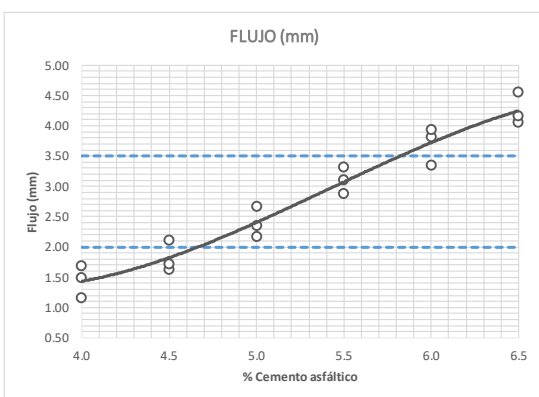
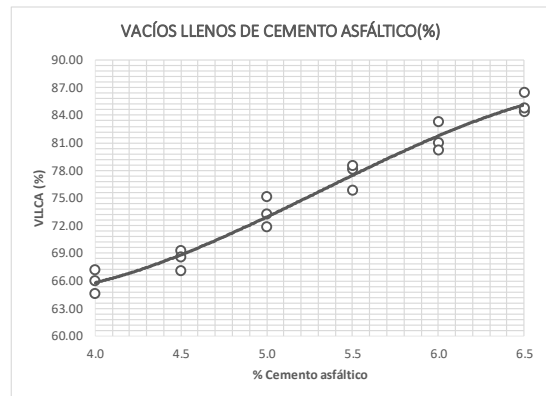
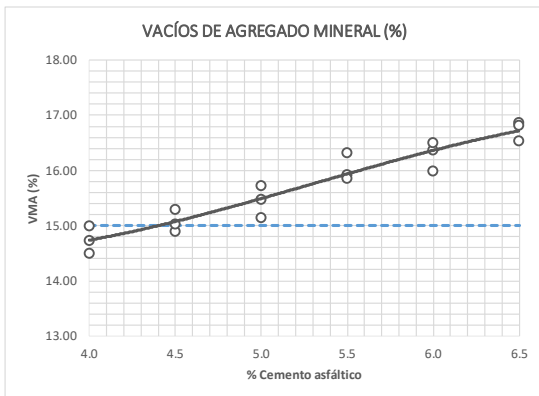
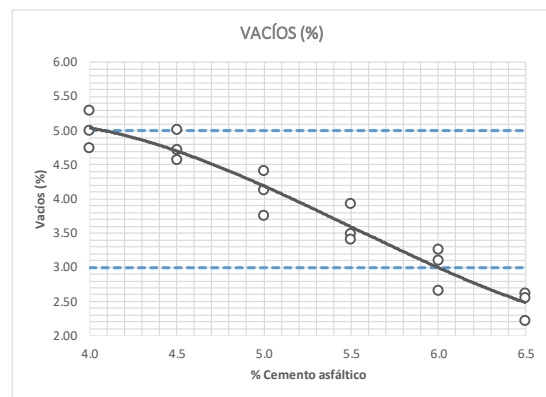
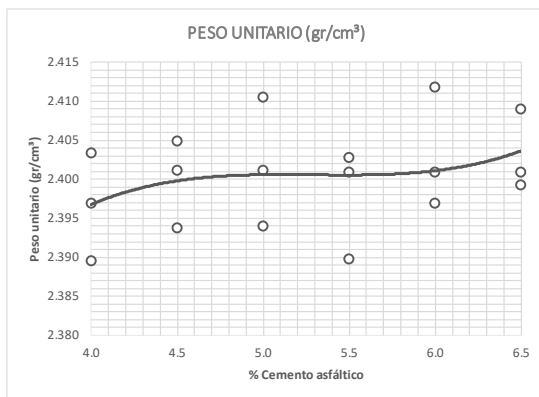
*Juan Ernesto Tejada Díaz*  
**Juan Ernesto Tejada Díaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Palma*  
**Julio Adrian Rojas Palma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

# LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA
<b>MUESTRA:</b>	Diseño MAC 02 (Rice Villa Rica)
<b>FECHA:</b>	3/08/2023



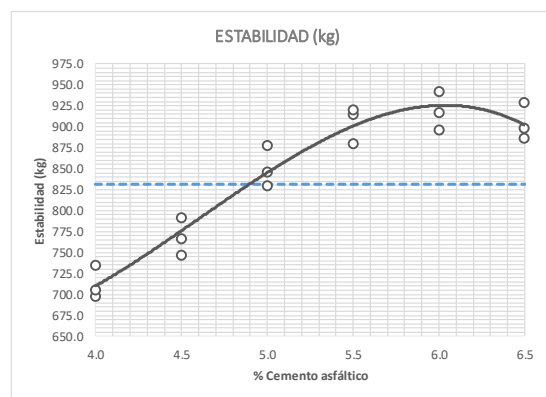
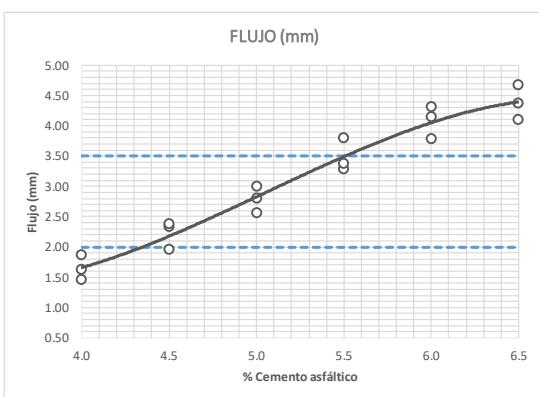
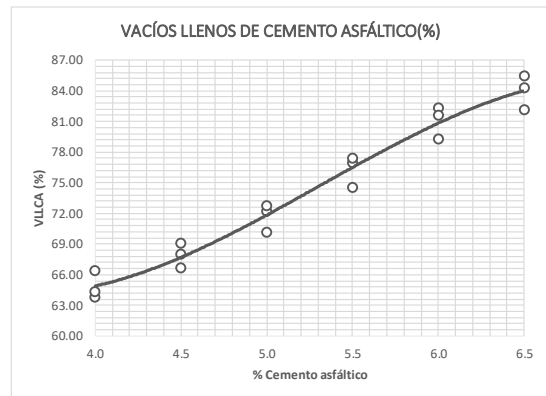
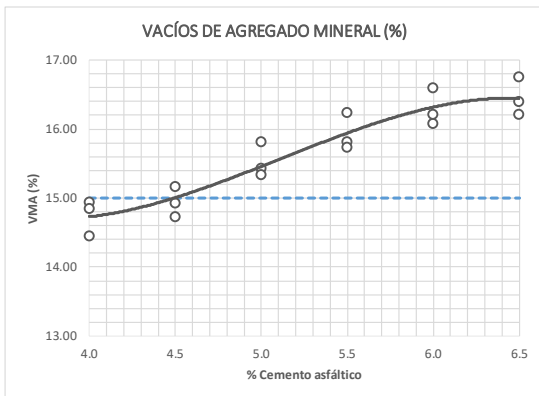
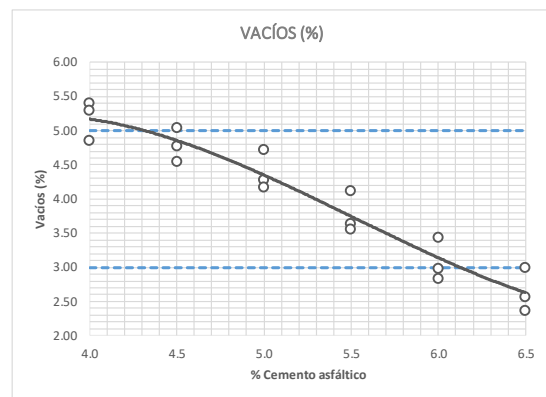
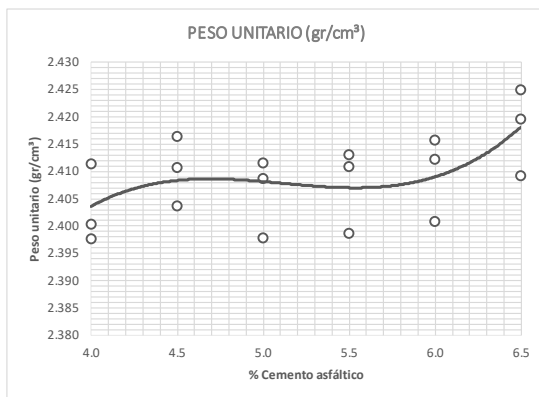
*Juan Ernesto Tejada Díaz*  
**Juan Ernesto Tejada Díaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Palma*  
**Julio Adrian Rojas Palma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

# LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA
<b>MUESTRA:</b>	Diseño MAC 03 (Rice Villa Rica)
<b>FECHA:</b>	6/08/2023



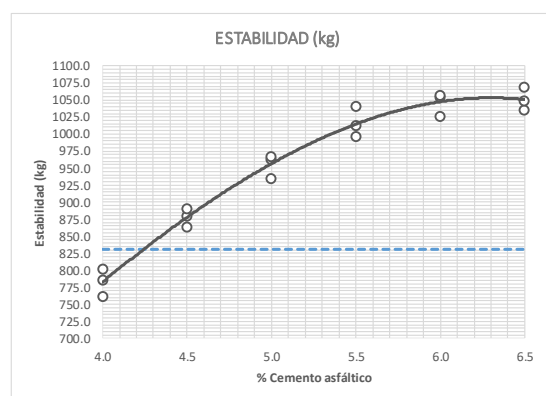
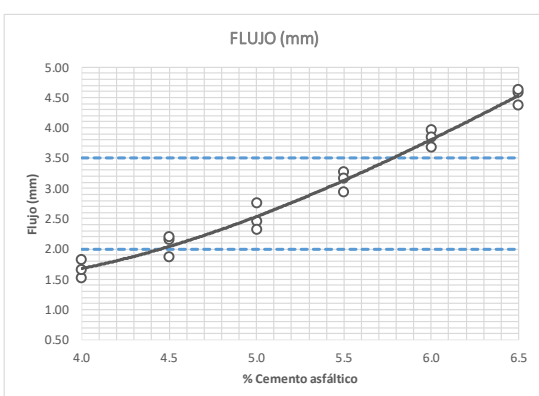
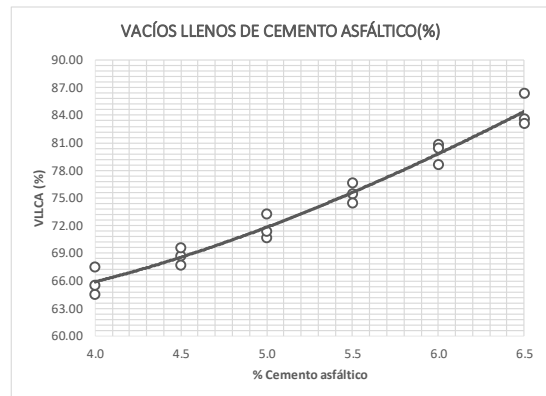
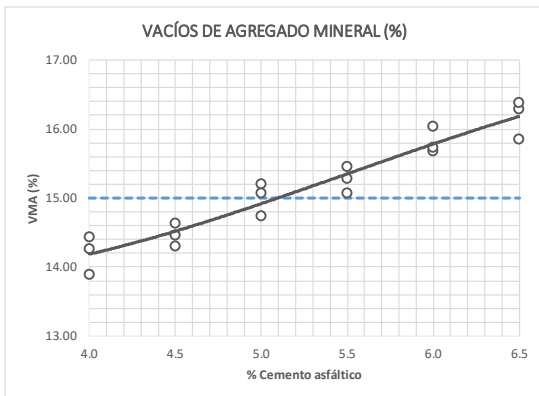
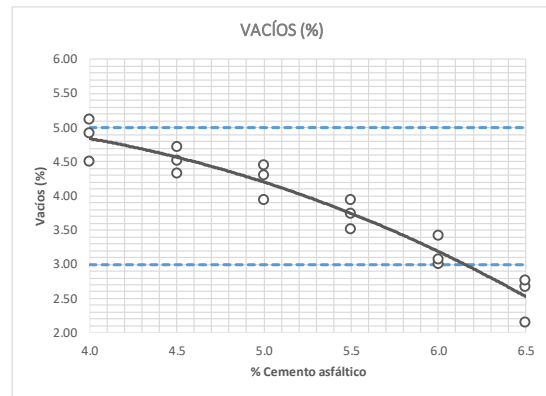
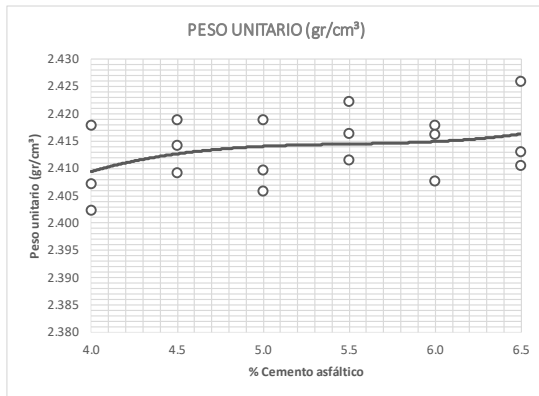
*Juan Ernesto Tejada Díaz*  
**Juan Ernesto Tejada Díaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Palma*  
**Julio Adrian Rojas Palma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

# LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANtera:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA
<b>MUESTRA:</b>	Diseño MAC 01 (Rice Lima)
<b>FECHA:</b>	9/08/2023



*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

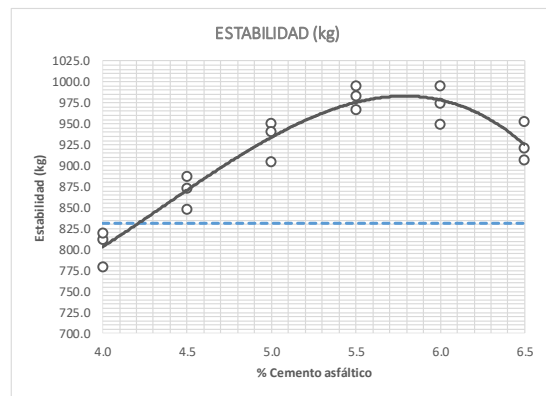
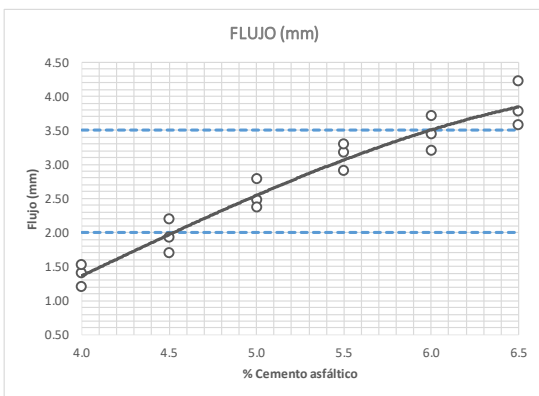
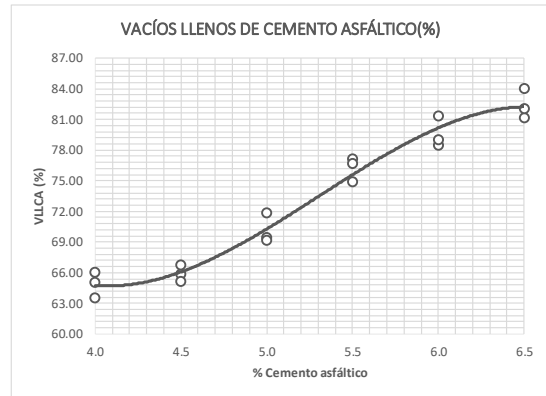
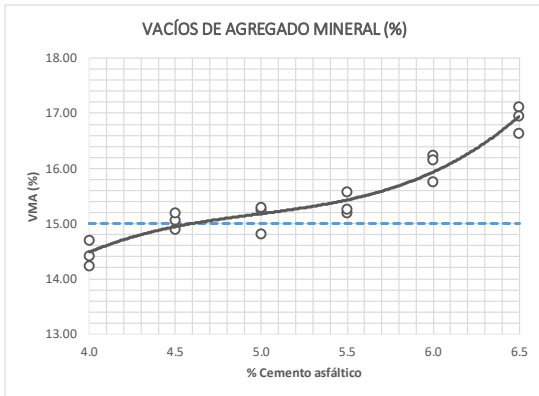
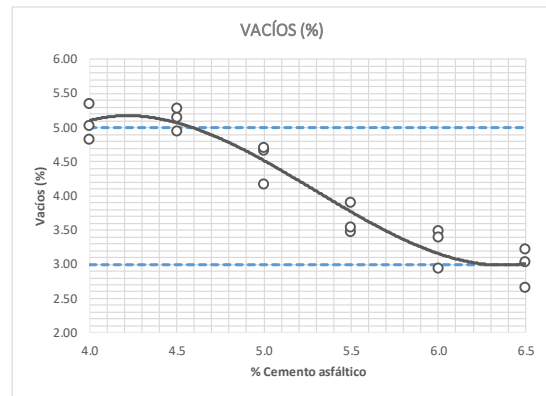
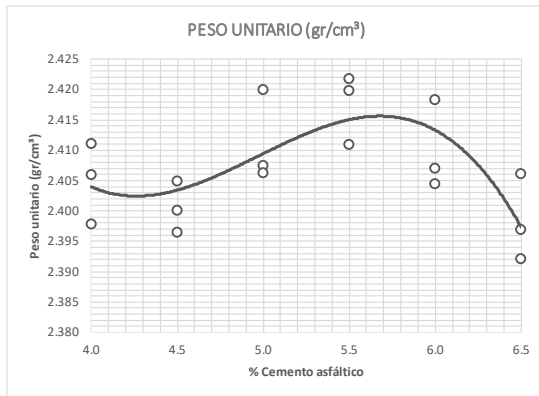
*Julio Adrian Rojas Palma*  
**Julio Adrian Rojas Palma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.



# LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA
<b>MUESTRA:</b>	Diseño MAC 02 (Rice Lima)
<b>FECHA:</b>	12/08/2023



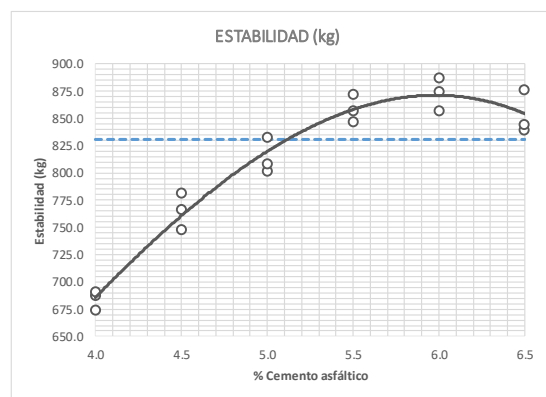
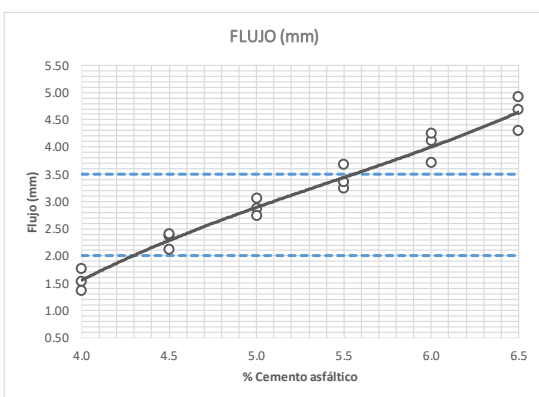
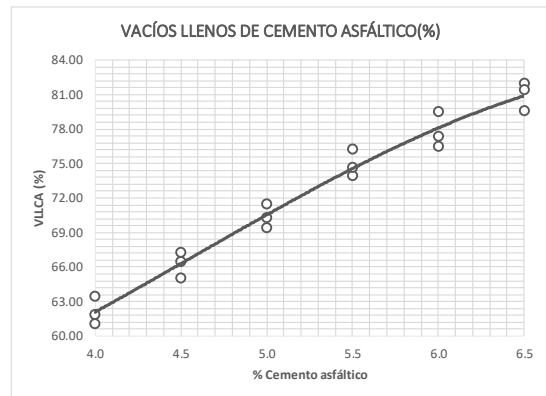
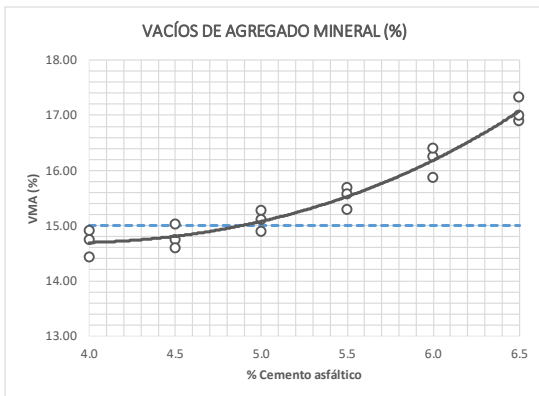
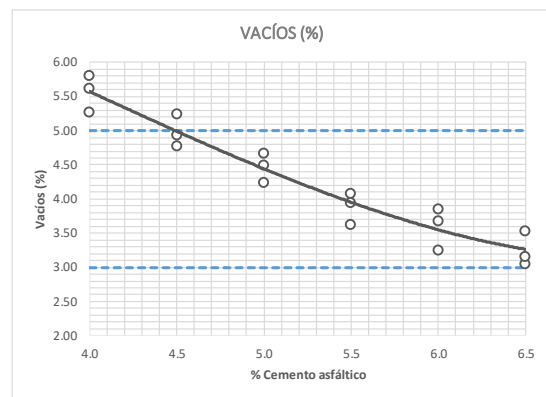
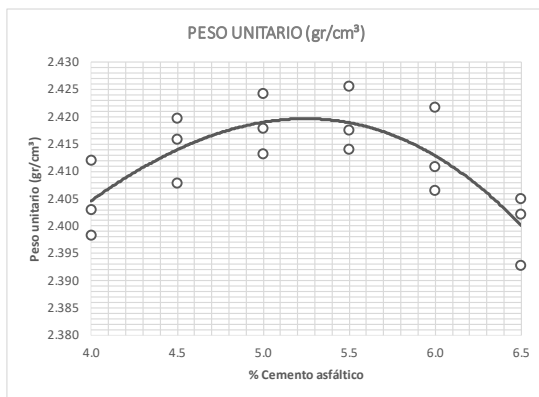
*Juan Ernesto Tejada Diaz*  
**Juan Ernesto Tejada Diaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Palma*  
**Julio Adrian Rojas Palma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

# LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO



<b>PROYECTO:</b>	EFFECTO DE LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA DE LA SELVA ALTA, EN LA DETERMINACIÓN DEL VALOR DE LA DENSIDAD TEÓRICA MÁXIMA DE MEZCLAS ASFÁLTICA - HUANCAYO 2023
<b>CONSULTOR:</b>	BACH. STIFF HANS VARGAS FLORES
<b>UBICACIÓN:</b>	HUANCAYO
<b>CANTERA:</b>	PILCOMAYO / LA HUAYCHA
<b>MUESTRA:</b>	Diseño MAC 03 (Rice Lima)
<b>FECHA:</b>	15/08/2023



*Juan Ernesto Tejada Díaz*  
**Juan Ernesto Tejada Díaz**  
 JEFE DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

*Julio Adrian Rojas Palma*  
**Julio Adrian Rojas Palma**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 GOLDFIX E.I.R.L.

**INFORME DE CALIBRACION**

**LT - 012 – 2022**

Expediente: 009-2022

Fecha de Emisión: 2022-01-15

Página: 1 de 3

**SOLICITANTE** : **COLDFIX E.I.R.L.**  
Dirección : Cal. San Gregorio nro. 228 Huancayo

**DESCRIPCION DEL EQUIPO** : ESTUFA  
Marca : NO INDICA  
Modelo : HR001  
Serie : 520  
Capacidad del Equipo : 87 L  
Indicación : DIGITAL  
Marca pirómetro : THOLZ  
Modelo pirómetro : MDH  
Temperatura Calibra : 110 °C

**LUGAR DE CALIBRACION**

Instalaciones de COLDFIX E.I.R.L.

**METODO DE CALIBRACION**

La Calibración se realizó según el procedimiento de calibración PC-018  
"Procedimiento de Calibración para medios isotérmicos usando aire  
Como medio conductor"

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

GEOLAB EQUIPOS S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

**TRAZABILIDAD**

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
TERMOMETRO DIGITAL	DELTA OHM	LT-075-2021	SISTEMA INTERNACIONAL
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT-041-2021	

**CONDICIONES AMBIENTALES**

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	17.1 °C	17.4 °C
HUMEDAD RELATIVA	48%	49%

**CONCLUSIONES**

La estufa se encuentra dentro de los rangos 110 °C ± 5°C para la realización de los ensayos de Laboratorio según la norma ASTM

**OBSERVACIONES**

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color celeste indicando el número del informe y la fecha de la calibración.

  
Carlos E. Ramírez Mendileta  
GERENTE TÉCNICO

INFORME DE CALIBRACION N° LT-012-2022

Página : 2 de 3

**CALIBRACION PARA 110 °C**

Tiempo hh:mm	Indicador del Equipo °C	Temperaturas convencionalmente verdaderas expresadas en °C										T. Prom. °C	Δ Tmax °C
		Posicion 1	Posicion 2	Posicion 3	Posicion 4	Posicion 5	Posicion 6	Posicion 7	Posicion 8	Posicion 9	Posicio n 10		
00:00	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:02	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:04	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,8	5,4
00:06	107,6	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	108,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:08	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	106,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:10	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:12	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:14	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:16	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:18	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,8	5,4
00:20	107,6	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	108,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:22	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	106,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:24	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:26	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:28	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:30	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:32	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,8	5,4
00:34	107,6	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	108,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:36	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	106,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:38	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:40	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:42	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:44	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:46	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,8	5,4
00:48	107,6	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	108,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:50	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	106,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:52	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:54	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:56	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:58	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
01:00	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,8	5,4
<b>T. Promedio</b>		110,1	112,2	112,0	113,7	112,3	109,3	108,3	108,8	108,7	112,4	<b>Temperatura Promedio General (°C)</b>	
<b>T. Maximo</b>		113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	112,5	110,7	110,8	111,7	114,7		
<b>T. Minimo</b>		107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	108,3	105,8	105,7	105,6	109,4		
<b>DTT</b>		5,9	4,8	4,4	4,7	5,0	6,2	5,0	5,1	6,1	5,3	110,8	

Parametro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida °C
Maxima Temperatura Medida	115,6	0,3
Minima Temperatura Medida	105,6	0,2
Desviacion de Temperatura en el Espacio	6,2	0,1
Desviacion de Temperatura en el Tiempo	5,4	0,1
Estabilidad Media ( ± )	3,08	0,04
Uniformidad Media	5,9	0,1

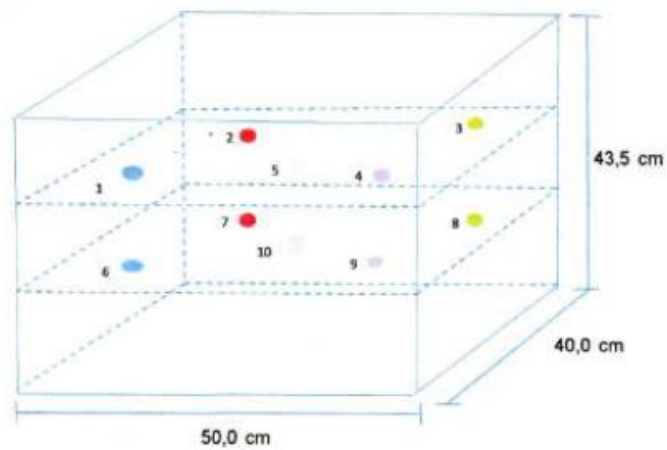
Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" esta dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%

  
**Carlos E. Ramirez Mendieta**  
GERENTE COMERCIAL

**DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL EQUIPO**



- Los Sensores 5 y 10 se ubicaron sobre sus respectivos niveles.
- Los demas sensores se ubicaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y del frente del equipo.
- Los Sensores del nivel superior se ubicaron a 1,5 cm por encima de la altura mas alta que emplea el usuario.
- Los Sensores del nivel inferior se ubicaron a 1,5 cm por debajo de la parrilla más baja.

  
Carlos E. Ramírez Mendieta  
GERENTE GENERAL

**INFORME DE CALIBRACION**

**LL - 006 – 2022**

Expediente: 014-2022

Fecha de Emisión: 2022-01-17

Página: 1 de 2

**SOLICITANTE** : **COLDFIX E.I.R.L.**  
Dirección : Cal. San Gregorio nro. 228 Huancayo

DESCRIPCION DEL EQUIPO	COMPARADOR DE CUADRANTE
Tipo de Indicación	ANALOGIA
Alcance de Indicación	0 mm a 20 mm
División de Escala	0,01 mm
Marca	INSIZE
Modelo	NO INDICA
Serie	4B11148

**LUGAR DE CALIBRACION**

Instalaciones de COLDFIX E.I.R.L.

**METODO DE CALIBRACION**

La Calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia El procedimiento de calibración de Comparadores de cuadrante PC-014 (2da Edición 2001) del servicio nacional de metrología del INACAL - DM

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

GEOLAB EQUIPOS S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

**TRAZABILIDAD**

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
BLOQUES PLANOPARALELOS	INSIZE	LLA – C – 075- 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

**CONDICIONES AMBIENTALES**

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	18.1 °C	18.4 °C
HUMEDAD RELATIVA	48%	49%

**OBSERVACIONES**

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color celeste indicando el número del informe y la fecha de la calibración.

  
 Carlos E. Ramirez Mendileta  
LABORANTE



**RESULTADOS**

**ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN ( $f_e$ )**

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
0,00	0,00	0,00
1,00	1,02	0,02
2,00	2,01	0,01
5,00	5,02	0,02
8,00	8,01	0,01
10,00	10,02	0,02
13,00	13,01	0,01
15,00	15,01	0,01
20,00	20,02	0,02
25,00	25,03	0,03

Alcance de error de indicación ( $f_e$ ) : 0,03 mm  
Incertidumbre del error de indicación :  $\pm 3 \mu\text{m}$

**ERROR DE REPETIBILIDAD ( $f_w$ )**

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
13,00	13,02	0,02
	13,01	0,01
	13,02	0,02
	13,01	0,01
	13,01	0,01

Error de Repetibilidad ( $f_w$ ) : 0,02 mm  
Incertidumbre de medición :  $\pm 3 \mu\text{m}$

La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k = 2$  que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

  
.....  
Carlos E. Ramirez Mendileta  
LABORANTE 12020611

**INFORME DE CALIBRACION**

**LT - 012 – 2022**

Expediente: 009-2022

Fecha de Emisión: 2022-01-15

Página: 1 de 3

**SOLICITANTE :** COLDFIX E.I.R.L.  
**Dirección :** Cal. San Gregorio nro. 228 Huancayo

**DESCRIPCION DEL EQUIPO :** ESTUFA  
**Marca :** NO INDICA  
**Modelo :** HR001  
**Serie :** 520  
**Capacidad del Equipo :** 87 L  
**Indicación :** DIGITAL  
**Marca pirómetro :** THOLZ  
**Modelo pirómetro :** MDH  
**Temperatura Calibra :** 110 °C

**LUGAR DE CALIBRACION**  
Instalaciones de COLDFIX E.I.R.L.

**METODO DE CALIBRACION**  
La Calibración se realizó según el procedimiento de calibración PC-018  
"Procedimiento de Calibración para medios isotérmicos usando aire  
Como medio conductor"

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

GEOLAB EQUIPOS S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

**TRAZABILIDAD**

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
TERMOMETRO DIGITAL	DELTA OHM	LT-075-2021	SISTEMA INTERNACIONAL
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT-041-2021	

**CONDICIONES AMBIENTALES**

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	17.1 °C	17.4 °C
HUMEDAD RELATIVA	48%	49%

**CONCLUSIONES**

La estufa se encuentra dentro de los rangos 110 °C ± 5°C para la realización de los ensayos de Laboratorio según la norma ASTM

**OBSERVACIONES**

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color celeste indicando el número del informe y la fecha de la calibración.

  
.....  
Carlos E. Ramirez Mendieta  
SECRETARÍA TÉCNICA



**INFORME DE CALIBRACION Nº LT-012-2022**

Página : 2 de 3

**CALIBRACION PARA 110 °C**

Tiempo hh:mm	Indicador del Equipo °C	Temperaturas convencionalmente verdaderas expresadas en °C										T. Prom. °C	Δ Tmax °C
		Posicion 1	Posicion 2	Posicion 3	Posicion 4	Posicion 5	Posicion 6	Posicion 7	Posicion 8	Posicion 9	Posicio n 10		
00:00	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:02	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:04	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
00:06	107,6	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	106,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:08	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	106,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:10	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:12	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:14	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:16	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:18	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
00:20	107,6	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	106,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:22	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	106,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:24	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:26	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:28	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:30	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:32	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
00:34	107,6	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	106,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:36	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	106,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:38	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:40	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:42	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:44	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
00:46	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
00:48	107,6	107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	106,3	105,8	105,7	105,6	109,4	108,0	5,2
00:50	109,9	108,5	110,8	111,1	112,3	111,9	108,7	106,5	107,1	107,1	110,9	109,5	5,8
00:52	110,4	109,9	112,1	111,4	113,9	112,2	109,3	108,0	109,0	108,3	113,1	110,7	5,9
00:54	112,6	111,3	113,6	112,8	114,7	113,3	112,5	109,2	109,8	110,7	113,9	112,2	5,4
00:56	113,2	113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	111,3	110,7	110,8	111,7	114,7	113,2	4,8
00:58	111,5	111,2	113,1	112,9	115,2	112,3	109,5	109,4	110,4	109,5	113,2	111,7	5,7
01:00	109,8	108,6	110,8	110,5	112,9	112,1	107,4	107,8	108,0	107,6	110,9	109,6	5,4
<b>T. Promedio</b>		110,1	112,2	112,0	113,7	112,3	109,3	108,3	108,8	108,7	112,4		<b>Temperatura Promedio General (°C)</b>
<b>T. Maximo</b>		113,1	114,8	114,4	115,6	114,4	112,5	110,7	110,8	111,7	114,7		
<b>T. Minimo</b>		107,2	110,0	110,1	110,9	109,5	106,3	105,8	105,7	105,6	109,4		
<b>DTT</b>		5,9	4,8	4,4	4,7	5,0	6,2	5,0	5,1	6,1	5,3		

Parametro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida °C
Maxima Temperatura Medida	115,6	0,3
Minima Temperatura Medida	105,6	0,2
Desviacion de Temperatura en el Espacio	6,2	0,1
Desviacion de Temperatura en el Tiempo	5,4	0,1
Estabilidad Media ( ± )	3,08	0,04
Uniformidad Media	5,9	0,1

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición  
Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" esta dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.  
La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%

  
**Carlos E. Ramirez Mendileta**  
LABORATORIO

**INFORME DE CALIBRACION**

**LF - 002 – 2022**

Expediente: 002-2022

Fecha de Emisión: 2022-01-07

Página: 1 de2

**SOLICITANTE :** COLDFIX E.I.R.L.  
**Dirección :** Cal. San Gregorio nro. 228 Huancayo

**DESCRIPCION DEL EQUIPO :** PRENSA MARSHALL - CBR  
**Marca :** NO INDICA  
**Modelo :** K20  
**Serie :** 604  
**Marca de la Celda :** ZEMIC  
**Modelo de Celda :** H3C-C3-5.0T-6B  
**Serie de Celda :** SP036154  
**Capacidad de Celda :** 5 t  
**Marca del Indicador :** HIGH-WEIGHT  
**Modelo del indicador :** 315-X8  
**Serie del indicador :** 982514525

**LUGAR DE CALIBRACION**

Instalaciones de COLDFIX E.I.R.L.

**METODO DE CALIBRACION**

La Calibración se realizo de acuerdo a la norma ASTM E4

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

GEOLAB EQUIPOS S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

**TRAZABILIDAD**

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCER	INF-LE-110	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	AEP TRANSDUCER		

**CONDICIONES AMBIENTALES**

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	18.1 °C	18.4 °C
HUMEDAD RELATIVA	48%	49%

**RESULTADOS DE LA MEDICION**

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

**OBSERVACIONES**

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color celeste indicando el número del informe y la fecha de la calibración.

  
Carlos E. Ramirez Mendietta  
LABORATORIO

INFORME DE CALIBRACION N° LF-002-2022

Página : 2 de 2

**TABLA N° 1**

SISTEMA DIGITAL "A" Kgf	SERIE DE VERIFICACION (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	502,80	503,50	-0,52	-0,70	503,05	-0,81	-0,18
1000	1006,05	1005,05	-0,60	-0,50	1005,55	-0,55	0,10
1500	1503,95	1501,10	-0,26	-0,07	1502,53	-0,17	0,19
2000	2001,15	2000,50	-0,06	-0,03	2000,83	-0,04	0,03
2500	2497,45	2504,15	0,10	-0,17	2500,80	-0,03	-0,27
3000	2996,15	2996,45	0,13	0,12	2996,30	0,12	-0,01
3500	3493,30	3493,05	0,19	0,20	3493,18	0,20	0,01
4000	3985,24	3984,75	0,37	0,38	3985,00	0,38	0,01

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = \frac{(A-B)}{B} * 100 \quad Rp = \text{Error}(2) - \text{Error}(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación:  $R2 = 1$

Ecuación de ajuste :  $y = 1,0049x - 9,5241$

  
Carlos E. Ramirez Mendieta  
LABORANTE (FIRMADO)

### ANEXO 3. MATRIZ DE CONSISTENCIA

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensión	Indicadores	Metodología
<p><b>Problema general:</b> ¿En qué medida afecta la presión atmosférica de la selva Alta, en la determinación del valor de la densidad teórica máxima de mezclas asfáltica - Huancayo 2023?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Determinar en qué medida afecta la presión atmosférica de la selva Alta, en la determinación del valor de la densidad teórica máxima de mezclas asfáltica - Huancayo 2023.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> La presión atmosférica de la selva Alta afecta la determinación del valor de la densidad teórica máxima de mezclas asfáltica - Huancayo 2023.</p>	<p><b>Variable independiente:</b>  Presión atmosférica</p>	<p><b>D1:</b> Elevación Lima 287.00 msnm P.A.: 984 hPa a 989 hPa</p>	<p>- <b>I1:</b> Ensayo MTC E 501 – Muestras de mezcla asfáltica - <b>I2:</b> Empleo de altímetro para toma de altura - <b>I3:</b> Empleo de barómetro para toma de presión atm.</p> <p>- <b>I1:</b> Ensayo MTC E 501 – Muestras de mezcla asfáltica - <b>I2:</b> Empleo de altímetro para toma de altura - <b>I3:</b> Empleo de barómetro para toma de presión atm.</p> <p>- <b>I1:</b> Ensayo MTC E 501 – Muestras de mezcla asfáltica - <b>I2:</b> Empleo de altímetro para toma de altura - <b>I3:</b> Empleo de barómetro para toma de presión atm.</p>	<p><b>Método de investigación:</b> Se optó por emplear el método analítico.</p> <p><b>Tipo:</b> Se optó por el tipo de investigación aplicado.</p> <p><b>Nivel:</b> Se optó por el nivel de investigación correlacional.</p> <p><b>Diseño de investigación:</b> Se optó por el diseño de investigación cuasi - experimental.</p> <p><b>Población:</b> Todas las Presión atmosférica de los de distritos ubicados en selva alta.</p> <p><b>Muestra:</b> Presión atmosférica de los de distritos e Chanchamayo y villa rica.</p> <p><b>Muestro:</b> No probabilístico de corte transversal. intensional</p> <p><b>Instrumentos:</b> Fichas de recolección de datos.</p> <p><b>Técnica:</b> Por observación directa</p>
<p><b>Problemas específicos:</b> ¿Cuál es la variación de la densidad teórica máxima en los distintos diseños de mezcla asfáltica en caliente a distintos niveles de presión atmosférica de la selva alta, evaluado con el ensayo de ensayo Rice?</p>	<p><b>Objetivos específicos:</b> Determinar cuál es la variación de la densidad teórica máxima en los distintos diseños de mezcla asfáltica en caliente a distintos niveles de presión atmosférica de la selva alta, evaluado con el ensayo de ensayo Rice.</p>	<p><b>Hipótesis específica:</b> la presión atmosférica a nivel de mar influye en el valor de la densidad teórica máxima en los distintos diseños de mezcla asfáltica en caliente a distintos niveles, evaluado con el ensayo de ensayo Rice.</p>		<p><b>Dimensión 2:</b> Elevación Villa Rica 3,259.00 msnm P.A.: 1014 hPa a 1011 hPa</p>		
<p>¿Cuál es la variación de la densidad teórica máxima en los distintos diseños de mezcla asfáltica en caliente a distintos niveles de presión atmosférica a nivel del mar, evaluado con el ensayo de ensayo Rice?</p>	<p>Determinar cuál es la variación de la densidad teórica máxima en los distintos diseños de mezcla asfáltica en caliente a distintos niveles de presión atmosférica a nivel del mar, evaluado con el ensayo de ensayo Rice.</p>	<p>la presión atmosférica a nivel de mar influye en el valor de la densidad teórica máxima en los distintos diseños de mezcla asfáltica en caliente a distintos niveles, evaluado con el ensayo de ensayo Rice.</p>		<p><b>D2:</b> Elevación Chanchamayo 751.00 msnm P.A.: 1013 hPa a 1016 hPa</p>		
<p>¿En qué medida afecta la presión atmosférica de la selva Alta, en la determinación del porcentaje óptimo de asfalto mezclas asfáltica - Huancayo 2023?</p>	<p>Determinar en qué medida afecta la presión atmosférica de la selva Alta, en la determinación del porcentaje óptimo de asfalto mezclas asfáltica - Huancayo 2023</p>	<p>La presión atmosférica de la selva Alta afecta la determinación del porcentaje óptimo de asfalto mezclas asfáltica - Huancayo 2023.</p>	<p><b>Variable dependiente:</b>  Densidad Teórica Máxima</p>	<p><b>D1:</b> densidad teórica máxima</p> <p><b>D2:</b> Optimo contenido de asfalto</p>	<p>- <b>I1:</b> MTC E 508 peso específico teórico máximo de mezclas asfálticas para pavimentos</p> <p>- <b>MTC E 504</b> Resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall</p>	