

**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**UPLA**  
UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**TESIS**

**AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y  
SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA  
BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO**

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

**Autor: Bach. Estefani Yessenia Yance Perez.**

**Asesor: Ing. Dayana Mary Montalvan Salcedo.**

**Línea de Investigación: Nuevas tecnologías y procesos.**

**Huancayo – Perú**

**2023**

## HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

---

Dr. Rubén Darío Tapia Silguera.  
Presidente

---

Ph. D. Mohamed Mehdi Hadi Mohamed  
Jurado

---

Mtro. Yina Milagros Ninahuanca Zavala  
Jurado

---

Mtro. Lidia Loenor Almonacid Ordoñez  
Jurado

---

Mg. Leonel Untiveros Peñaloza.  
Secretario docente

### **Dedicatoria**

- A mis padres porque sin su apoyo incondicional no hubiera logrado alcanzar cada una de mis metas.

Estefani Yessenia Yance Perez.

### **Agradecimientos**

- A la Ing. Dayana Mary Montalván Salcedo por contribuir con su conocimiento para el cumplimiento de esta investigación.

Estefani Yessenia Yance Perez.

## CONSTANCIA DE SIMILITUD

N ° 0101 - FI -2024

La Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones, hace constar mediante la presente, que la TESIS; Titulado:

**AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO**

Con la siguiente información:

Con Autor(es) : BACH. YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA

Facultad : INGENIERÍA

Escuela Académica : INGENIERÍA CIVIL

Asesor(a) : ING. DAYANA MARY MONTALVAN SALCEDO

Fue analizado con fecha 23/02/2024; con 288 págs.; con el software de prevención de plagio (Tumitin); y con la siguiente configuración:

Excluye Bibliografía.

X

Excluye citas.

X

Excluye Cadenas hasta 20 palabras.

X

Otro criterio (especificar)

El documento presenta un porcentaje de similitud de 10 %.

En tal sentido, de acuerdo a los criterios de porcentajes establecidos en el artículo N°15 del Reglamento de uso de Software de Prevención de Plagio Versión 2.0. Se declara, que el trabajo de investigación: **Si contiene un porcentaje aceptable de similitud.**

Observaciones:

En señal de conformidad y verificación se firma y sella la presente constancia.

Huancayo, 23 de febrero de 2024.



DR. MILARIO ROMERO GIRON  
JEFE (e)

Oficina de Propiedad Intelectual y Publicaciones

## Contenido

<b>Dedicatoria</b>	<b>iii</b>
<b>Agradecimientos</b>	<b>iv</b>
<b>Contenido</b>	<b>vi</b>
<b>Contenido de tablas</b>	<b>x</b>
<b>Contenido de figuras</b>	<b>xii</b>
<b>Resumen</b>	<b>xv</b>
<b>Abstract</b>	<b>xvi</b>
<b>Introducción</b>	<b>xvii</b>
<b>1. CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA</b>	<b>19</b>
<b>1.1. Descripción de la realidad problemática</b>	<b>19</b>
<b>1.2. Delimitación del problema</b>	<b>20</b>
1.2.1. Espacial	20
1.2.2. Temporal	21
1.2.3. Económica	21
<b>1.3. Formulación del problema</b>	<b>21</b>
1.3.1. Problema general	21
1.3.2. Problemas específicos	21
<b>1.4. Justificación</b>	<b>22</b>
1.4.1. Práctica	22
1.4.2. Metodológica	22
1.4.3. Teórica	22
<b>1.5. Objetivos</b>	<b>23</b>
1.5.1. Objetivo general	23
1.5.2. Objetivos específicos	23
<b>2. CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO</b>	<b>24</b>
<b>2.1. Antecedentes</b>	<b>24</b>
2.1.1. Nacionales	24
2.1.2. Internacionales	27
<b>2.2. Bases teóricas o científicas</b>	<b>31</b>
2.2.1. Cemento asfáltico	31
2.2.2. Propiedades químicas del asfalto	32
2.2.3. Propiedades físicas del asfalto	33
2.2.4. Aditivos rejuvenecedores	34

2.2.5. Mezclas asfálticas	35
2.2.6. Clasificación de las mezclas asfálticas por temperatura	35
2.2.7. Reciclaje de pavimentos	36
2.2.8. Técnicas de reciclaje de pavimentos	37
2.2.9. Propiedades de las mezclas asfálticas	39
2.2.10. Procesamiento del RAP	39
2.2.11. Gestión de residuos de la construcción en la ciudad de Huancayo	40
2.2.12. Ventajas y desventajas del RAP	41
2.2.13. Normatividad para el desarrollo de las mezclas asfálticas	42
<b>2.3. Marco conceptual</b>	<b>42</b>
<b>3. CAPÍTULO III: HIPÓTESIS</b>	<b>44</b>
<b>3.1. Hipótesis</b>	<b>44</b>
3.1.1. Hipótesis general	44
3.1.2. Hipótesis específicas	44
<b>3.2. Variables</b>	<b>44</b>
3.2.1. Definición conceptual de las variables	44
3.2.2. Definición operacional de las variables	45
3.2.3. Operacionalización de las variables	45
<b>4. CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA</b>	<b>47</b>
<b>4.1. Método de investigación</b>	<b>47</b>
<b>4.2. Tipo de investigación</b>	<b>47</b>
<b>4.3. Nivel de investigación</b>	<b>48</b>
<b>4.4. Diseño de investigación</b>	<b>48</b>
<b>4.5. Población y muestra</b>	<b>48</b>
4.5.1. Población	48
4.5.2. Muestra	49
<b>4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos</b>	<b>49</b>
<b>4.7. Procesamiento de la información</b>	<b>50</b>
<b>4.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos</b>	<b>50</b>
<b>5. CAPÍTULO V: RESULTADOS</b>	<b>52</b>
<b>5.1. Caracterización granulométrica de agregados</b>	<b>52</b>
5.1.1. Agregados reciclados	52
5.1.2. Agregado fino	53
5.1.3. Agregado grueso	54

5.1.4. Mezcla de agregados	55
5.1.5. Ensayos Marshall de mezcla asfáltica en caliente	56
5.1.6. Comparación de resultados Marshall	86
5.1.7. Contenido de cemento asfáltico	86
<b>5.2. Peso específico</b>	<b>87</b>
<b>5.3. Vacíos</b>	<b>88</b>
5.3.1. Vacíos	88
5.3.2. Vacíos de material de agregado compactado	89
5.3.3. Vacíos llenos de cemento asfáltico	91
<b>5.4. Rigidez</b>	<b>92</b>
5.4.1. Estabilidad	92
5.4.2. Flujo	93
5.4.3. Rigidez	94
<b>5.5. Relación polvo – asfalto</b>	<b>95</b>
<b>5.6. Contrastación de hipótesis</b>	<b>96</b>
5.6.1. Prueba de normalidad	96
5.6.2. Hipótesis específica “a”	99
5.6.3. Hipótesis específica “b”	100
5.6.4. Hipótesis específica “c”	101
5.6.5. Hipótesis específica “d”	102
<b>CAPÍTULO VI: ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b>	<b>103</b>
<b>6.1. Variación del peso específico de la mezcla asfáltica reciclada con agente rejuvenecedor</b>	<b>103</b>
<b>6.2. Determinación de la influencia del agente rejuvenecedor en la cantidad de vacíos de las mezclas asfálticas recicladas</b>	<b>104</b>
<b>6.3. Incidencia del agente rejuvenecedor en la rigidez de las mezclas asfálticas recicladas</b>	<b>105</b>
<b>6.4. Estimación de la influencia del agente rejuvenecedor en la concentración de filler en las propiedades de mezclas asfálticas recicladas</b>	<b>105</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>107</b>
<b>RECOMENDACIONES</b>	<b>109</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>110</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>113</b>
<b>Anexo N° 01: matriz de consistencia</b>	<b>114</b>
<b>Anexo N° 02: matriz de operacionalización de variables</b>	<b>116</b>
<b>Anexo N° 03: certificados de laboratorio</b>	<b>118</b>

<b>Anexo N° 04: certificados de calibración</b>	<b>208</b>
<b>Anexo N° 05: instrumento y validación</b>	<b>245</b>
<b>Anexo N° 06: características del asfalto reciclado</b>	<b>251</b>
<b>Anexo N° 07: especificaciones técnicas del asfalto</b>	<b>270</b>
<b>Anexo N° 08: especificaciones técnicas del aditivo</b>	<b>276</b>
<b>Anexo N° 09: panel fotográfico</b>	<b>281</b>

## Contenido de tablas

Tabla 2.1. Descripción del agregado.	35
Tabla 2.2. Normativas peruanas para el control de la calidad del agregado grueso	42
Tabla 2.3. Normativas peruanas para el control de la calidad del agregado fino y el ensayo Marshall.	42
Tabla 3.1. Operacionalización de las variables.	46
Tabla 4.1. Tabla de muestras.	49
Tabla 5.1. Análisis granulométrico del agregado reciclado.	52
Tabla 5.2. Análisis granulométrico del agregado fino.	53
Tabla 5.3. Análisis granulométrico del agregado grueso.	54
Tabla 5.4. Caracterización granulométrica de la mezcla de agregados.	55
Tabla 5.5. Resultados del Marshall de MAC con RAP 20 % + 4 % AR.	56
Tabla 5.6. Resumen de ensayo Marshall de MAC con RAP 20 % + 4 % AR.	57
Tabla 5.7. Resultados del Marshall de MAC con RAP 20 % + 5 % AR.	59
Tabla 5.8. Resumen del Marshall de MAC con RAP 20 % + 5 % AR.	60
Tabla 5.9. Resultados del Marshall de MAC con RAP 20 % + 6 % AR.	63
Tabla 5.10. Resumen del Marshall de MAC con RAP 20 % + 6 % AR.	63
Tabla 5.11. Resultados del Marshall de MAC con RAP 25 % + 4 % AR.	66
Tabla 5.12. Resumen del Marshall de MAC con RAP 25 % + 4 % AR.	67
Tabla 5.13. Resultados del Marshall de MAC con RAP 25 % + 5 % AR.	69
Tabla 5.14. Resumen del Marshall de MAC con RAP 25 % + 5 % AR.	70
Tabla 5.15. Resultados del Marshall de MAC con RAP 25 % + 6 % AR.	73
Tabla 5.16. Resumen del Marshall de MAC con RAP 25 % + 6 % AR.	73
Tabla 5.17. Resultados del Marshall de MAC con RAP 30 % + 4 % AR.	76
Tabla 5.18. Resumen del Marshall de MAC con RAP 30 % + 4 % AR.	76
Tabla 5.19. Resultados del Marshall de MAC con RAP 30 % + 5 % AR.	79
Tabla 5.20. Resumen del Marshall de MAC con RAP 30 % + 5 % AR.	80
Tabla 5.21. Resultados del Marshall de MAC con RAP 30 % + 6 %.	82
Tabla 5.22. Resumen del Marshall de MAC con RAP 30 % + 6 % AR.	83
Tabla 5.23. Ensayos Marshall de MAC con el contenido óptimo de asfalto.	86
Tabla 5.24. Contenido óptimo de asfalto de MAC.	86
Tabla 5.25. Peso específico de MAC.	88
Tabla 5.26. Porcentaje de vacíos de MAC.	89
Tabla 5.27. Porcentaje de vacíos de material agregado compactado.	90

Tabla 5.28. Porcentaje de vacíos llenos de cemento asfáltico de MAC.	91
Tabla 5.29. Estabilidad de MAC.	92
Tabla 5.30. Flujo de MAC.	93
Tabla 5.31. Rigidez de MAC.	94
Tabla 5.32. Relación de polvo – asfalto de MAC.	95
Tabla 5.33. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para el peso específico.	96
Tabla 5.34. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para las propiedades de vacíos.	97
Tabla 5.35. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la rigidez.	98
Tabla 5.36. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la relación polvo – asfalto.	99
Tabla 5.37. Prueba Kruskal-Wallis para la hipótesis específica “a”.	100
Tabla 5.38. ANOVA de un factor para la hipótesis específica “b”.	100
Tabla 5.39. ANOVA de un factor para la hipótesis específica “c”.	101
Tabla 5.40. Prueba Kruskal-Wallis para la hipótesis específica “d”.	102

## Contenido de figuras

Figura 1.1 Distrito de Huancayo.	21
Figura 2.1. Esquema coloidal de Pfeiffer.	32
Figura 2.2. Perfil de pavimento flexible.	38
Figura 5.1. Curva granulométrica del agregado reciclado.	53
Figura 5.2. Curva granulométrica del agregado fino.	54
Figura 5.3. Curva granulométrica del agregado grueso	55
Figura 5.4. Curva granulométrica de la mezcla de agregados.	56
Figura 5.5. Relación de asfalto con vacíos de MAC con RAP 20 % + 4 % AR.	57
Figura 5.6. Relación de asfalto con VMA de MAC con RAP 20 % + 4 % AR.	58
Figura 5.7. Relación de asfalto con VLCA de MAC con RAP 20 % + 4 % AR.	58
Figura 5.8. Relación de asfalto con flujo de MAC con RAP 20 % + 4 % AR.	58
Figura 5.9. Relación de asfalto con estabilidad de MAC con RAP 20 % + 4 % AR.	59
Figura 5.10. Relación de asfalto con rigidez de MAC con RAP 20 % + 4 % AR.	59
Figura 5.11. Relación de asfalto con vacíos de MAC con RAP 20 % + 5 % AR.	61
Figura 5.12. Relación de asfalto con VMA de MAC con RAP 20 % + 5 % AR.	61
Figura 5.13. Relación de asfalto con VLCA de MAC con RAP 20 % + 5 % AR.	61
Figura 5.14. Relación de asfalto con Flujo de MAC con RAP 20 % + 5 % AR.	62
Figura 5.15. Relación de asfalto con estabilidad de MAC con RAP 20 % + 5 % AR.	62
Figura 5.16. Relación de asfalto con rigidez de MAC con RAP 20 % + 5 % AR.	62
Figura 5.17. Relación de asfalto con vacíos de MAC con RAP 20 % + 6 % AR.	64
Figura 5.18. Relación de asfalto con VMA de MAC con RAP 20 % + 6 % AR.	64
Figura 5.19. Relación de asfalto con VLCA de MAC con RAP 20 % + 6 % AR.	65
Figura 5.20. Relación de asfalto con flujo de MAC con RAP 20 % + 6 % AR.	65
Figura 5.21. Relación de asfalto con estabilidad de MAC con RAP 20 % + 6 % AR.	65
Figura 5.22. Relación de asfalto con rigidez de MAC con RAP 20 % + 6 % AR.	66
Figura 5.23. Relación de asfalto con vacíos de MAC con RAP 25 % + 4 % AR.	67
Figura 5.24. Relación de asfalto con VMA de MAC con RAP 25 % + 4 % AR.	68
Figura 5.25. Relación de asfalto con VLCA de MAC con RAP 25 % + 4 % AR.	68
Figura 5.26. Relación de asfalto con flujo de MAC con RAP 25 % + 4 % AR.	68
Figura 5.27. Relación de asfalto con estabilidad de MAC con RAP 25 % + 4 % AR.	69
Figura 5.28. Relación de asfalto con rigidez de MAC con RAP 25 % + 4 % AR.	69

Figura 5.29. Relación de asfalto con vacíos de MAC con RAP 25 % + 5 % AR.	70
Figura 5.30. Relación de asfalto con VMA de MAC con RAP 25 % + 5 % AR.	71
Figura 5.31. Relación de asfalto con VLCA de MAC con RAP 25 % + 5 % AR.	71
Figura 5.32. Relación de asfalto con flujo de MAC con RAP 25 % + 5 % AR.	71
Figura 5.33. Relación de asfalto con estabilidad de MAC con RAP 25 % + 5 % AR.	72
Figura 5.34. Relación de asfalto con rigidez de MAC con RAP 25 % + 5 % AR.	72
Figura 5.35. Relación de asfalto con vacíos de MAC con RAP 25 % + 6 % AR.	74
Figura 5.36. Relación de asfalto con VMA de MAC con RAP 25 % + 6 % AR.	74
Figura 5.37. Relación de asfalto con VLCA de MAC con RAP 25 % + 6 % AR.	74
Figura 5.38. Relación de asfalto con flujo de MAC con RAP 25 % + 6 % AR.	75
Figura 5.39. Relación de asfalto con estabilidad de MAC con RAP 25 % + 6 % AR.	75
Figura 5.40. Relación de asfalto con rigidez de MAC con RAP 25 % + 6 % AR.	75
Figura 5.41. Relación de asfalto con vacíos de MAC con RAP 30 % + 4 % AR.	77
Figura 5.42. Relación de asfalto con VMA de MAC con RAP 30 % + 4 % AR.	77
Figura 5.43. Relación de asfalto con VLCA de MAC con RAP 30 % + 4 % AR.	78
Figura 5.44. Relación de asfalto con flujo de MAC con RAP 30 % + 4 % AR.	78
Figura 5.45. Relación de asfalto con estabilidad de MAC con RAP 30 % + 4 % AR.	78
Figura 5.46. Relación de asfalto con rigidez de MAC con RAP 30 % + 4 % AR.	79
Figura 5.47. Relación de asfalto con vacíos de MAC con RAP 30 % + 5 % AR.	80
Figura 5.48. Relación de asfalto con VMA de MAC con RAP 30 % + 5 % AR.	81
Figura 5.49. Relación de asfalto con VLCA de MAC con RAP 30 % + 5 % AR.	81
Figura 5.50. Relación de asfalto con flujo de MAC con RAP 30 % + 5 % AR.	81
Figura 5.51. Relación de asfalto con estabilidad de MAC con RAP 30 % + 5 % AR.	82
Figura 5.52. Relación de asfalto con rigidez de MAC con RAP 30 % + 5 % AR.	82
Figura 5.53. Relación de asfalto con vacíos de MAC con RAP 30 % + 6 % AR.	84
Figura 5.54. Relación de asfalto con VMA de MAC con RAP 30 % + 6 % AR.	84
Figura 5.55. Relación de asfalto con VLCA de MAC con RAP 30 % + 6 % AR.	84
Figura 5.56. Relación de asfalto con flujo de MAC con RAP 30 % + 6 % AR.	85
Figura 5.57. Relación de asfalto con estabilidad de MAC con RAP 30 % + 6 % AR.	85
Figura 5.58. Relación de asfalto con rigidez de MAC con RAP 30 % + 6 % AR.	85
Figura 5.59. Comparación de contenido óptimo de asfalto de MAC.	87

Figura 5.60. Comparación de peso específico de MAC.	88
Figura 5.61. Comparación de porcentaje de vacíos de MAC.	89
Figura 5.62. Comparación de vacíos de material agregado compactado de MAC.	90
Figura 5.63. Comparación de vacíos llenos de cemento asfáltico de MAC.	91
Figura 5.64. Comparación de estabilidad de MAC.	93
Figura 5.65. Comparación de flujo de MAC.	94
Figura 5.66. Comparación de rigidez de MAC.	95
Figura 5.67. Comparación de relación polvo – asfalto de MAC.	96

## **Resumen**

El problema de investigación fue ¿Cómo el agente rejuvenecedor de asfalto incide en la calidad de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito? cuyo objetivo primordial fue evaluar cómo el agente rejuvenecedor de asfalto incide en la calidad de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito, para ello se elaboró 108 briquetas de mezclas asfálticas en caliente donde se procedió a reemplazar el agregado por 20, 25 y 30 % de RAP además de emplear agente rejuvenecedor en 4, 5 y 6 % en relación del peso de la mezcla, donde se evaluó el peso específico, los vacíos, la rigidez y la relación polvo – asfalto, el estudio de investigación se basa en un enfoque científico aplicado, que utiliza un diseño experimental con un nivel explicativo. Como resultados se obtuvo que, al emplear el agente rejuvenecedor se reduce el peso específico, contenido de vacíos y de vacíos de material del agregado compactado, se incrementa los vacíos llenos de cemento asfáltico, además reduce la rigidez e incrementarse el contenido de filler en la mezcla asfáltica en caliente. Como conclusión, el agente rejuvenecedor de asfalto incide en la calidad de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito, pues al considerar 25 % de RAP con 6 % AR y 5.17 % de cemento asfáltico se logra tener una MAC que cumpla con las especificaciones técnicas generales para la construcción del MTC (2013). Se recomienda considerar acentuar tal aditivo pues lograría optimizar la mezcla asfáltica reduciendo su rigidez

Palabras clave: agente rejuvenecedor, mezcla asfáltica, RAP

## **Abstract**

The research problem was: How does the asphalt rejuvenating agent affect the quality of the recycled asphalt mixture for low traffic volume? whose main objective was to evaluate how the asphalt rejuvenating agent affects the quality of the recycled asphalt mix for low traffic volume. To this end, 108 briquettes of hot asphalt mixes were prepared, where the aggregate was replaced by 20 %, 25 % and 30% RAP, in addition to the use of a rejuvenating agent. The research study is based on an applied scientific approach, using an experimental design with an explanatory level. The results showed that the use of the rejuvenating agent reduces the specific weight, voids and voids content of the compacted aggregate, increases the voids filled with asphalt cement, reduces the stiffness and increases the filler content in the hot mix asphalt. In conclusion, the asphalt rejuvenating agent affects the quality of the recycled asphalt mix for low traffic volume, since considering 25 % RAP with 6 % AR and 5.17 % asphalt cement results in a MAC that complies with the general technical specifications for construction of the MTC (2013). It is recommended to consider accentuating this additive because it would optimize the asphalt mixture by reducing its stiffness.

Key words: rejuvenating agent, asphalt mix, RAP.

## **Introducción**

La presente investigación titulada “Agente rejuvenecedor de asfalto y su influencia en la calidad de la mezcla asfáltica para bajo volumen de tránsito” surgió de la problemática que en la actualidad se vive a nivel mundial en cuanto a la factibilidad de dar un uso secundario a los materiales reciclados como los pavimentos flexibles, donde se busca que estos cuenten con propiedades físicas y mecánicas que aseguren su buen comportamiento. Por cual el objetivo de la presente investigación fue evaluar cómo el agente rejuvenecedor de asfalto incide en la calidad de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.

Por ello se elaboraron mezclas asfálticas en laboratorio con diferentes cantidades de RAP (20, 25 y 30 %) donde se procedió a añadir 4, 5 y 6 % de agente rejuvenecedor, estas mezclas fueron sometidas al ensayo Marshall para determinar peso específico, los vacíos (vacíos, vacíos en el agregado compactado y vacíos llenos de cemento asfáltico), la rigidez (estabilidad y flujo) y la relación polvo – asfalto. El trabajo de investigación cuenta con un método científico del tipo aplicada con un nivel explicativo cuyo diseño es el experimental.

A continuación, se detalla cada uno de los capítulos que componen la investigación:

Capítulo I: El problema de investigación: Se tiene el planteamiento del problema donde se plasmó la problemática a nivel mundial, en el Perú, a nivel regional y a nivel local. Además, se tiene el problema general y los problemas específicos, la justificación práctica, metodológica y teórica. Como parte de las delimitaciones se consideró a la espacial, temporal y económica; adicionalmente, se tiene las limitaciones, objetivo tanto general y específicos.

Capítulo II: Marco teórico: Se optó por considerar los antecedentes nacionales e internacionales, el marco conceptual basado a cemento asfáltico, propiedades químicas y físicas del asfalto, aditivos rejuvenecedores, mezclas asfálticas, clasificación de las mezclas asfálticas por temperatura, el reciclaje de pavimentos, las técnicas de reciclaje del pavimento, las propiedades de las mezclas asfálticas y las ventajas como desventajas del RAP. Adicionalmente, en este capítulo se tiene la definición de términos, las hipótesis y la definición de cada de una de las variables.

Capítulo III: Hipótesis: Comprende las hipótesis (general y específicas) y las variables (definición conceptual, operacional y su operacionalización) con la finalidad de orientar en mejor cuantía a la investigación.

Capítulo IV: Metodología: Se definió tanto el método, tipo, nivel y diseño de la investigación, la población y muestra, las técnicas e instrumentos de recolección de datos, el procesamiento de la información y las técnicas de análisis de datos que estuvieron en función a la estadística descriptiva e inferencial.

Capítulo IV: Resultados: En este capítulo se describió en primer lugar la caracterización de la granulometría de los agregados, tanto reciclado, del agregado fino, del agregado grueso y la combinación de los mismos, asimismo, se tiene el ensayo Marshall con diferentes contenidos de cemento asfáltico para el MAC con 20, 25 y 30 % de RAP y con 4, 5 y 6 % de AR, los cuales fueron comparados y se definió el contenido óptimo de cemento asfáltico. Posteriormente se detalla los cambios en el peso específico, en los vacíos, en la rigidez y en la relación polvo – asfalto. Como parte complementaria se tiene la contrastación de cada una de las hipótesis.

Capítulo V: Discusión de resultados: Se discutió cada uno de los resultados obtenidos.

Como parte final se detalló las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos establecidos por la matriz de consistencia, los certificados que avalan los resultados y el panel fotográfico.

## **CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

Según García y Vasquez (2021) los pavimentos asfálticos pueden ser conceptualizados como estructuras horizontales, que tiene la finalidad de poder transmitir las cargas de dinámicas de manera uniforme suelo. Su uso es muy extendido en muchos países, debido a que este material garantiza condiciones de seguridad, confort y especialmente economía de instalación. Sin embargo, el problema surge cuando a través de los años en que se ha dado uso, la cantidad de material que tiene que ser renovado es enorme, dejando de esta manera un pasivo ambiental, pues para la fabricación de la carpeta asfáltica es necesario, además de eliminar el material antiguo, la extracción de recursos vírgenes como las piedras y arenas.

A nivel mundial han surgido varias alternativas para poder dar un uso secundario a este material reciclado, por ejemplo, en muchos países de Europa es común la aplicación de la técnica de reciclaje del asfalto, mediante la cual se da un uso alternativo al asfalto deteriorado. Es así que, en países como Gran Bretaña se producen hasta 5 000 000 de toneladas de pavimento asfáltico reciclado (RAP), el cual solo es superado por los Estados Unidos, donde se producen cerca 69 000 000 de toneladas (Gomes y Ramón 2017a); empero, hasta la actualidad la eficiencia de la aplicación del RAP, sigue no siendo la más óptimas, en cuanto a las propiedades físicas y mecánicas, por lo que es necesario adicionar un agente que contribuya a que este nuevo material sea más eficiente.

En el Perú, la forma más común de realizar la renovación del pavimento asfáltico es la demolición y posterior eliminación del material antiguo, tal como lo describe

Bejarano (2020), pues en los proyectos de inversión son frecuente la presencia de las partidas mencionadas; sin embargo, ya se ha mencionado que dichas actividades generan grandes cantidades de contaminación al ambiente. Es por ello que surge la necesidad de reutilizar las carpetas asfálticas mediante la aplicación de nuevos métodos de procesamiento, buscando que este nuevo material, tenga características similares o superiores que el asfalto convencional; por lo que es necesario la aplicación de aditivos como rejuvenecedores que puedan contribuir con afianzar las mencionadas características del pavimento.

A nivel regional, es innegable las grandes cantidades de asfaltos nuevos instalados y que al poco tiempo son deteriorados por factores como las condiciones climáticas, pues en ciudades como Tarma o La Merced, es común encontrarse con vías defectuosas en la que es necesario su reemplazo con materiales de características similares o superiores a los del asfalto convencional.

A nivel local, en ciudades como Jauja o sus distritos como Huertas, existen vías que con el tiempo han cumplido su ciclo de vida, sin embargo, los costos para su reemplazo resultan elevados por lo que es necesario realizar las gestiones para financiarlos, es por ello que se deben de establecer nuevos procesos que faciliten el reciclado de este material antiguo, para así disminuir los costos de producción de asfalto, además de establecer aditivos que mejoren las propiedades físicas y mecánicas.

Es por lo descrito que surge la necesidad de poder obtener un material que sea comparable a un asfalto convencional, siendo uno de ellos la aplicación del RAP, pues algunos estudios aseguran que su presencia como agregado en proporciones de 20 al 30 % no cumplen eficientemente las demandas mecánicas del pavimento, es por ello que debe considerarse un agente rejuvenecedor, pues este punto es el menos estudiado en esta línea de investigación. En tal sentido, con el desarrollo de esta tesis, se buscó establecer la factibilidad de un agente que rejuvenezca y que contribuya a obtener mejores propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica elaborada con RAP.

## **1.2. Delimitación del problema**

### **1.2.1. Espacial**

La ejecución de este estudio se realizó en un entorno de laboratorio situado en el distrito y la provincia de Huancayo.



Figura 1.1 Distrito de Huancayo.

### 1.2.2. Temporal

El desarrollo de la tesis contempló un periodo de ejecución de tres meses desde el mes de octubre de 2021 y culminando en diciembre del año 2022.

### 1.2.3. Económica

Cada uno de los gastos generados para el desarrollo de la investigación fueron asumidos en su totalidad por la investigadora.

## 1.3. Formulación del problema

### 1.3.1. Problema general

¿Cómo el agente rejuvenecedor de asfalto incide en la calidad de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito?

### 1.3.2. Problemas específicos

- a) ¿Cómo modifica el agente rejuvenecedor el peso específico de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito?

- b) ¿Cuál es la influencia del agente rejuvenecedor en la cantidad de vacíos de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito?
- c) ¿Cómo incide el agente rejuvenecedor en la rigidez de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito?
- d) ¿En qué medida el agente rejuvenecedor influye en la concentración de filler de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito?

## **1.4. Justificación**

### **1.4.1. Práctica**

La justificación práctica de la presente investigación, se basa en lo sustentado por Bernal (2006), quien menciona que este tipo de justificación implica la aplicación de conocimiento existente con el fin de proponer o establecer alternativas de solución a un problema que afecta a una determinada comunidad.

Es por ello que, el desarrollo de esta investigación buscó establecer la factibilidad del uso de un agente rejuvenecedor de asfalto para mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica, especialmente cuando este contenga en su composición un porcentaje de asfalto reciclado (RAP). Con esto se podrá contribuir a que el material antiguo sea reutilizado y que no sea un agente contaminador más. Fomentando la reutilización de asfaltos obsoletos, lo cual tiene implicancias beneficiosas.

### **1.4.2. Metodológica**

La justificación metodológica está basada en lo propuesto por Bernal (2006), quien establece que este tipo de justificación se da en investigaciones cuyo objetivo implique el uso o aplicación de una nueva secuencia de procedimientos para generar nuevos conocimientos.

En tal contexto, el desarrollo de la investigación implica el desarrollo de una nueva metodología para obtener una concentración óptima de un agente rejuvenecedor de pavimentos, que en su composición contenga RAP.

### **1.4.3. Teórica**

La presente investigación no cuenta con justificación teórica, pues corresponde a un tipo aplicada.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Evaluar cómo el agente rejuvenecedor de asfalto incide en la calidad de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- a) Establecer cómo el agente rejuvenecedor modifica el peso específico de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.
- b) Obtener la influencia del agente rejuvenecedor en la cantidad de vacíos de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.
- c) Determinar cómo incide el agente rejuvenecedor en la rigidez de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.
- d) Determinar en qué medida el agente rejuvenecedor influye en la concentración de filler de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.

## **CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Antecedentes**

#### **2.1.1. Nacionales**

Bejarano (2020) en su tesis denominada “Aplicación de pavimentos flexibles reciclados en la construcción de nuevos pavimentos económicos en el Perú – 2020” sostuvo como problema general con el fin de dar solución a la investigación ¿Es posible aplicar pavimentos flexibles reciclados en la construcción de nuevos pavimentos económicos en el Perú, para ello tuvo como principal meta establecer la factibilidad de la aplicación o reutilización de los pavimentos caducos para la elaboración de nuevos pavimentos; es por ello que aplicó una metodología de revisión sistemática de bibliografía, en la que pudo establecer como procedimiento la selección de información, la pre selección, el filtro y la selección definitiva, por lo que consultó publicaciones digitales, buscó palabras claves y aplicó criterios de inclusión y exclusión de la información. En este contexto pudo establecer como resultados que, para la elaboración del asfalto reciclado, se pueden aplicar métodos en frío o caliente, los cuales pueden conllevar a considerar plantas de elaboración. La recuperación del material antiguo debe ser mediante el fresado, con el que se puede recuperar el 100 % del material antiguo, sin embargo, para su homogenización es necesario la aplicación de un elemento estabilizador. Otro aspecto resaltante en la investigación fue que, hasta la actualidad no existe una normativa que pueda regular o indicar los procedimiento de aplicación y recolección del asfalto reciclado; destacado además que este procedimiento en el Perú resulta muy factible, pues esto contribuye a la disminución de emisiones de dióxido de

carbono; concluyendo finalmente que, según lo registrado en diferentes bibliografías, el uso del asfalto reciclado puede superar incluso a los asfaltos convencionales; siempre y cuando se pueda realizar un control adecuado para su desarrollo.

Huari (2020) en su investigación titulada “Análisis y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica en caliente con rap y una mezcla asfáltica modificada con polímero SBS PG 70-28” contó como problema general ¿Cómo será el desempeño de una mezcla asfáltica en caliente con distintos porcentajes de pavimento asfáltico reciclado (RAP) haciendo uso de aditivos rejuvenecedores de asfalto respecto a una mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS PG 70-28? para lo cual sostuvo como objetivo primordial realizar un análisis y evaluación exhaustiva del rendimiento de una mezcla asfáltica en caliente que contenga diferentes proporciones de pavimento asfáltico reciclado (RAP). Este análisis lo llevó a cabo usando aditivos rejuvenecedores de asfalto en comparación con una mezcla asfáltica modificada que contiene polímeros SBS PG 70-28. Para dar solución llevó a cabo diversos ensayos para determinar las propiedades físicas y reológicas del ligante recuperado, así como el uso de tablas de mezclas para seleccionar el ligante virgen basado en el Grado de Desempeño (PG) y la evaluación del PG de la combinación de asfalto recuperado y virgen (con inclusión de rejuvenecedores) para mezclas asfálticas con un contenido de 30 % y 40 % de RAP. A partir de los resultados de las propiedades físicas, determinó que el nivel de penetración ha experimentado una mejora del 25 % con el uso de un 5 % de rejuvenecedor. La viscosidad Brookfield disminuyó de 5313 cP a 1905 cP, lo que representó una mejora del 65 %. Además, el punto de ablandamiento registró una reducción en la temperatura, pasando de 79°C a 67°C. En cuanto a las propiedades reológicas del ligante recuperado, detectó una disminución de dos grados en la temperatura intermedia crítica (valores inferiores en el Módulo de Fatiga), que pasó de 22 °C a 16 °C. En conclusión, comprobó que los valores del módulo resiliente guardan una correlación positiva con la deformación permanente en presencia de mayores cantidades de RAP en la mezcla.

Pau Salguero (2020) en su investigación “Mejoramiento de rodadura del pavimento flexible mediante el reciclado en la av. Roosevelt, distrito de Chancay, Lima, 2020” cuya problemática fue ¿De qué manera la utilización del pavimento flexible renovado mediante la técnica del reciclaje aumentara la capacidad en relación a la resistencia, productividad en la durabilidad y el porcentaje de vacíos de cemento asfáltico

es mayor en el pavimento flexible reciclado con un asfalto convencional? por cual tuvo como principal meta demostrar que el uso del pavimento flexible reformado, mediante la técnica del reciclado es técnica y económicamente viable; en este sentido, opto como metodología el desarrollo de una investigación experimental en el que evaluó varios porcentajes de adición de asfalto reciclado como parte del agregado grueso de un asfalto convencional; por ello consideró dicho porcentaje como un 20 % del total, para así compararlos con un asfalto convencional, en propiedades como: el porcentaje de vacíos, estabilidad, flujo o deformación. En este contexto, pudo establecer como principales resultados lo siguiente: el uso de la mezcla de agregado grueso y pavimento reciclado es de 80 % y 20 %, respectivamente; además que el contenido de cemento asfáltico del material reciclado fue de 5.60 %, el cual fue adicionado al cemento asfáltico total; mientras que el agente rejuvenecedor fue el aditivo ITERLENE ACF 100 GREEN en una concentración del 0.30 % del total. Todo ello conllevó a determinar que según el ensayo Marshall, la granulometría de la mezcla fue óptima, pero la resistencia y la rigidez, por lo que finalmente concluye que es necesario la aplicación de un rejuvenecedor para obtener resultados más óptimos.

Argumedo (2019) en su tesis “Carpeta asfáltica reciclada y base granular reciclada para la conformación de una subbase granular optima en la Av. Próceres del distrito de chilca, provincia de Huancayo” planteó como problema general ¿Cuáles serían los beneficios de la utilización del reciclado de carpeta asfáltica y base granular en la conformación de una subbase granular de un pavimento flexible nuevo en la Av. Próceres del Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo?, Cuyo objetivo para resolver esa problemática consistió en identificar los beneficios de utilizar carpeta asfáltica y base granular reciclada para formar una subbase granular óptima en la Av. Próceres en el Distrito de Chilca, Provincia de Huancayo. Con ese propósito, llevó a cabo ensayos de laboratorio para obtener las propiedades de la carpeta asfáltica y base granular que fueron removidas de la Av. Próceres y que este estudio buscó reciclar. Llevó a cabo mezclas en diferentes proporciones de carpeta asfáltica y base granular reciclada, hasta lograr un CBR ideal para el diseño de los pavimentos. Utilizando los datos recopilados en el laboratorio, elaboró mediante el método AASHTO '93 la composición de un nuevo pavimento flexible con una subbase formada por material reciclado. Logró determinar que el coeficiente de soporte de la reciclada carpeta asfáltica y base granular fue de 49.22 %, y cumplió con los estándares establecidos por la normativa para su uso como subbase

en la construcción de pavimentos flexibles. Además, encontró una disminución del 4.7 % en los costos al utilizar este material reciclado en la conformación de la subbase durante el proceso de construcción de un pavimento flexible nuevo. En conclusión, las ventajas de emplear una subbase elaborada con material reciclado en la edificación de un pavimento flexible incluyeron la obtención de un CBR de alto valor, la reducción del costo directo en la construcción de un nuevo pavimento flexible.

Paccori (2018) en su tesis denominada “Propuesta técnica de aplicación del pavimento flexible reciclado para rehabilitación vial – Pachacmac”, cuyo problema resolver fue ¿En qué medida mejora el uso del pavimento flexible reciclado en la rehabilitación vial de la av. Víctor Malásquez?, por lo cual consideró como principal tema de investigación la evaluación de la mejora de un pavimento flexible para la rehabilitación vial de la av. Víctor Malásquez, esto con el fin de mejorar la circulación de los vehículos de la mencionada zona de estudio. Para ello, consideró que la metodología que debe basarse en el método científico, con un enfoque cuantitativo, un tipo aplicado y un nivel descriptivo – explicativo en la que como muestra consideró toda el área de la av. Víctor Malásquez y como muestra un espacio de 250 m<sup>2</sup>. La toma de muestra fue realizada con una ficha, para así poder medir la condición del pavimento mediante la metodología PCI. Como resultados principales obtuvo que el valor del PCI obtenido fue de 42 %, lo cual indicó que el pavimento debe tener una rehabilitación. Además, determinó que la mejor propuesta para rehabilitar los pavimentos flexibles es la mezcla en frío, estableciendo que la dosificación óptima fue de 50 % de pavimento reciclado más 49 % de material fino, 1 % de cemento y 9 % de emulsión de rotura lenta del tipo CSS-1H y 3.5 % de agua. El presupuesto reflejó que el uso de este material representaría un ahorro de 10 %. En este sentido pudo establecer como principal conclusión que el pavimento flexible reciclado en rehabilitaciones facilita la corrección de fallas, mejorando la transitabilidad para vehículos y peatones.

### **2.1.2. Internacionales**

Ramirez y Silva (2022) en su tesis “Uso del aceite residual de cocina como rejuvenecedor para el RAP proveniente del área metropolitana de Bucaramanga” cuya problemática de investigación fue ¿Cuáles son los efectos de las propiedades físicas, químicas y reológicas del aceite virgen y aceite residual de cocina para su uso como rejuvenecedor en el RAP? para lo cual el objetivo principal de esta investigación fue

analizar las características físicas, químicas y reológicas del aceite virgen y del aceite residual de cocina con el propósito de evaluar su viabilidad como agente rejuvenecedor en el asfalto reciclado en caliente (RAP). Con el fin de resolver el conflicto, implementaron el análisis de la influencia de la degradación del aceite residual de cocina (ARC) en su capacidad de rejuvenecer las propiedades del asfalto proveniente del Reciclado de Asfalto y Pavimento (RAP) del área metropolitana de Bucaramanga. Propusieron tres etapas: 1) examinar las características físicas, químicas y reológicas del aceite virgen de cocina (AVC) y del ARC para determinar su idoneidad como rejuvenecedor; 2) establecer el porcentaje adecuado para restaurar las propiedades físicas, químicas y reológicas del AVC del ARC para su aplicación como rejuvenecedor; 3) determinar el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas utilizando asfalto RAP rejuvenecido con AVC y ARC mediante el método Marshall. Los análisis revelaron que el (AVC) presentó un índice de acidez de 0.1432 mg de KOH/g, un índice de peróxido de 2.7350 mEqO<sub>2</sub>/kg y una viscosidad dinámica (40°C) de 29.23 Cp. Por otro lado, (ARC) obtuvo valores de 0.61.98, 12.1212 y 41.78 para las mismas propiedades que el AVC. Establecieron porcentajes del 3, 5 y 6 %, en cuanto a sus resultados del ensayo de Marshall los dos tipos de mezcla, con AVC y con ARC, lograron la mezcla asfáltica con 20 %. Lograron determinar que, mediante la aplicación de un 5 % de una sustancia específica, es posible recuperar las características originales, además, que el proceso de restauración del asfalto envejecido no está vinculado a la degradación del aceite utilizado.

Santos (2022) en su investigación “Evaluación del uso de rejuvenecedores de origen vegetal con alto contenido de RAP a nivel de ligante y mortero asfáltico” sostuvo como problema general ¿Cuál es la factibilidad del uso del aceite de palma y dos de sus derivados como rejuvenecedores en mezclas asfálticas con alto contenido de RAP? por lo cual su objetivo consistió en examinar la viabilidad de utilizar el aceite de palma y dos de sus derivados como aditivos rejuvenecedores en mezclas asfálticas que contengan una alta proporción de RAP. El propósito de este estudio fue evaluar la viabilidad de utilizar aceite de palma y dos de sus derivados, estearina dura y estearina blanda, como rejuvenecedores en mezclas asfálticas que contienen una alta cantidad de RAP. Para lograr esto, analizó las propiedades reológicas y el rendimiento deseado, como la resistencia a la deformación plástica y al hundimiento, de una combinación de asfalto nuevo y asfalto RAP con la incorporación de estos aceites vegetales. Además, validó y calibró un procedimiento experimental para producir mortero asfáltico RAP envejecido

artificialmente, con el objetivo de iniciar la caracterización reológica de morteros con alto contenido de RAP rejuvenecidos. Los resultados obtenidos evidenciaron que al añadir aceite de palma, estearina dura y blanda a combinaciones de asfalto original y asfalto envejecido tipo RAP, logró obtener un material con propiedades reológicas y de rendimiento similares al asfalto virgen. Además, este material actuó de forma similar a los revitalizadores comerciales de origen vegetal. En conclusión, el aceite de palma crudo fue el aceite vegetal ideal para ser utilizado como rejuvenecedor en mezclas asfálticas con alto contenido de RAP. Esto se debió a que presentó propiedades similares al módulo dinámico de corte ( $|G^*|$ ), Glover-Rowe (G-R) y porcentaje de recuperación (% R) de una mezcla con asfalto virgen. Además, ofreció ventajas económicas y ambientales al ser más económico y amigable con el medio ambiente.

Vasquez y Valdivieso (2021) en su tesis “Análisis teórico de la incorporación de aceite residual de cocina como rejuvenecedor del RAP para la creación de pavimentos sostenibles en el área metropolitana de Bucaramanga” para dar solución a la realidad problemática planteó resolver el problema ¿Cuál es la disponibilidad del aceite residual de cocina y su efecto rejuvenecedor en las propiedades físicas y químicas del asfalto contenido en el RAP para la preparación de nuevas mezclas asfálticas en caliente en el Área Metropolitana de Bucaramanga?, por ello tuvieron como principal objetivo realizar el análisis de la disponibilidad de residuos de aceite de cocina y el efecto rejuvenecedor en el asfalto elaborado con RAP, para dar solución al problema de investigación planteado; esto con el fin crear nueva mezcla asfáltica. Es por ello que, consideraron 5 etapas; la primera consistió en un estudio donde pudieron establecer la cantidad de asfalto antiguo en el área metropolitana. En la segunda etapa revisaron cerca de 22 investigaciones además de la norma INVÍAS; mientras que en la tercera fase establecieron el método adecuado para la incorporación del residuo de cocina, determinado así que para ello era necesario la mezcla a una temperatura de 145 °C, un tiempo de mezclado de 40 min y una velocidad de mezclado de 1700 rpm; además a ello establecieron que las dosificaciones de este rejuvenecedor serían de 3, 6 y 9 %. La cuarta etapa consistió en la determinación de los ensayos necesarios para la caracterización del aceite, siendo estos la penetración, punto de ablandamiento, viscosidad y ductilidad, al igual que las características del asfalto; finalmente como resultados estableció en función a lo recomendado por el diseño Marshall, que las dosificaciones del asfalto rejuvenecido

deben contener porcentajes de asfalto de 2 % al 5 %, de aceite de 3 a 9% y RAP del 20 %.

Vila et al. (2021) en su investigación “Evaluación de un rejuvenecedor como aditivo en el asfalto”, tuvieron como principal objetivo establecer la eficiencia en el asfalto AC-20, la incorporación de un aditivo rejuvenecedor denominado Sylvaroad RP-100; y su eficiencia en un material nuevo, es decir sin considerar el fresado de una carpeta deteriorada, pues en Ecuador, es muy frecuente que las vías revestidas de asfalto empiecen a deteriorarse antes de lo recomendado; para esto, consideraron como metodología el estudio de algunas propiedades del aglomerante como la temperatura, el criterio de Rowe y la viscoelasticidad; además, consideraron las siguientes características del asfalto: gravedad específica, absorción abrasión, resistencia del agregado al sulfato de sodio, el equivalente de arena y la cantidad de partículas planas y extendidas. En tal contexto, como resultados pudieron establecer que el asfalto utilizado se clasificó como un PG 64-22 el cual, al ser mezclado con el aditivo rejuvenecedor, su grado cambió a PG 58-28, además observaron que las propiedades del asfalto mejoraron (temperatura, el criterio Rowe y la viscoelasticidad); también pudieron observar que, al ser sometidas a pruebas, la mezcla asfáltica (con un porcentaje de asfalto de 5.5 %), mejoró su comportamiento a la fatiga al igual que la capacidad de envejecimiento del nuevo asfalto, el cual se obtuvo luego de someter el material a un horno de 85 °C; concluyendo así que el uso del rejuvenecedor mejora las propiedades de la mezcla asfalto y el asfalto.

González et al. (2019) en su investigación “Comportamiento de mezclas asfálticas con pavimento reciclado y aceite usado de motor como rejuvenecedor”, por lo cual consideraron como problema ¿Cuál es el comportamiento de mezclas asfálticas con pavimento reciclado y aceite usado de motor como rejuvenecedor?, para cual establecieron considerar como principal objetivo, establecer la facilidad del uso de aceite reciclado para mejorar las propiedades de un asfalto nuevo el cual utiliza el pavimento asfáltico reciclado (RAP), pues en Colombia, no existen estudios que puedan establecerse la utilidad de este residuo al ser incorporado en un mezcla MDC-19, disminuyendo de esta manera el impacto ambiental de este componente. Es en este contexto que, para el desarrollo de la investigación consideraron como metodología la variación del residuo de aceite de motor (WEO) en la elaboración de asfalto con agregado nuevos y reciclados (RAP) y de esta manera poder evaluar las propiedades físicas y mecánicas. Las

proporciones de WEO fueron de 0 %, 5 % y 5.5 %, mientras que la proporción entre el agregado virgen y el reciclado fue de 65 % y 35 % respectivamente; posteriormente con las mencionadas proporciones de los materiales, se realizaron 18 briquetas según la metodología Marshall, las cuales fueron compactadas con 75 golpes por cada capa y en la que pudieron determinar el porcentaje de vacíos, la estabilidad, el flujo, la relación estabilidad – flujo y la tracción indirecta. Como principales resultados obtuvieron que, la granulometría de los agregados nuevos posee valores de grava (65 %), arena (30 %) y fino (5 %), mientras que el agregado del RAP fue de grava 46.92 %, arena 51.92 % y finos 1.15 %; además que al adicionar WEO en la mezcla disminuye los valores de las propiedades del asfalto, pues el porcentaje de vacío disminuye de 5.1 % a 4.72 %, la estabilidad de 7914.54 N a 4105.15 N y el flujo de 3.76 mm a 5.41 mm. Es en este contexto que pudieron establecer que la mejor dosificación de WEO para una mezcla de asfalto MDC-19 y una categoría NT1, fue de 5.045 %, respecto al peso total del ligante.

## **2.2. Bases teóricas o científicas**

### **2.2.1. Cemento asfáltico**

El cemento asfáltico es un material aglomerante sólido o semisólido de color negro o pardo oscuro, que se ablanda gradualmente al calentarse y cuyos constituyentes predominantes son hidrocarburos pesados. Posee componentes viscosos y tiene la capacidad de adherirse a las partículas de los agregados minerales en las mezclas asfálticas. Además, es un material que actúa como impermeabilizante protegiéndolo de los ácidos, sales y álcalis. A temperatura ambiente el asfalto conserva una consistencia semisólida, pero al incrementar la temperatura tiende a cambiar a un estado líquido (Márquez & Ureta, 2018).

En general los asfaltos provienen de fuentes naturales o del proceso de refinación del petróleo crudo, derivado especialmente de la destilación fraccionada del petróleo, después de ser bombeado, transportado y almacenado en grandes tanques y sometido a elevadas temperaturas expulsando los elementos más volátiles y siendo el residuo o fondos de vacío utilizados como cemento asfáltico (Márquez y Ureta, 2018).

Siendo uno de los materiales más antiguos que el hombre ha usado, actualmente se aprovecha para la construcción o rehabilitación para pavimentos asfálticos de carreteras, estacionamientos, pistas de aeropuertos, etc. Teniendo la capacidad de resistir

agentes químicos, atmosféricos y de grandes esfuerzos bajo la acción de cargas permanentes (Márquez y Ureta, 2018).

### 2.2.2. Propiedades químicas del asfalto

La relación entre la composición química del cemento asfáltico y su comportamiento en el pavimento es todavía un tema que tiene ciertas incertidumbres. De todas maneras, una breve descripción de la química del asfalto ayudará al entendimiento de la naturaleza del material (Márquez y Ureta, 2018).

Químicamente, el crudo del petróleo juega un papel importante en la composición ya que éste determinará las propiedades reológicas y físicas del asfalto. La mayor parte de los compuestos orgánicos que constituye el petróleo son eliminados durante la destilación, conservando una amplia variedad de moléculas complejas como carbono, hidrógeno, azufre, oxígeno, nitrógeno y elementos pesados (Márquez y Ureta, 2018).

Según Márquez y Ureta (2018) el esquema coloidal de Pfeiffer, la estructura molecular del asfalto se divide en dos fases: los asfaltenos y los maltenos que a su vez se componen de resinas y aceites. Las moléculas más pesadas se encuentran en suspensión formando micelas (fase dispersa) mientras las moléculas más ligeras actúan como medio de dispersión a través del líquido intermicelar (fase continua) ver Figura 2.1.

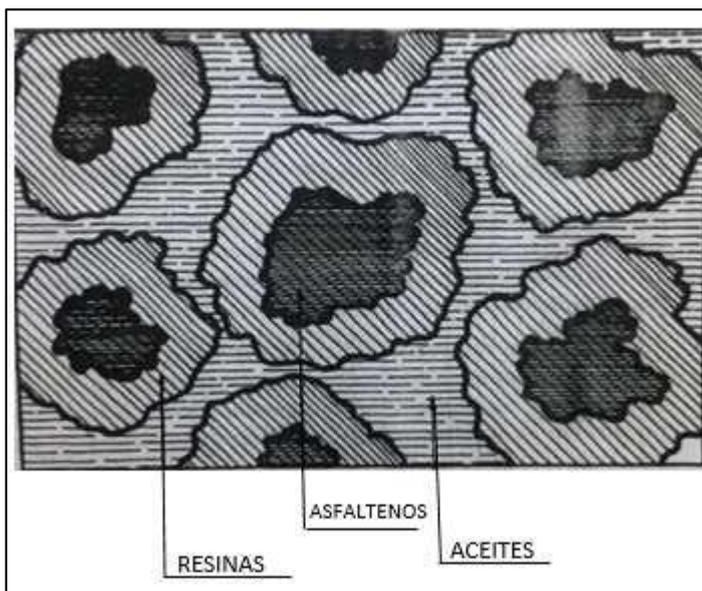


Figura 2.1. Esquema coloidal de Pfeiffer.  
Fuente: Márquez y Ureta (2018).

Como se ha mencionado anteriormente, la composición química de los cementos asfálticos es muy compleja ya que está conformado por hidrocarburos de peso molecular

variable. Investigadores han evaluado el asfalto utilizando técnicas analíticas como SARA, mediante la cual fue posible determinar los grupos de hidrocarburos típicos tales como saturados(S), aromáticos(A), resinas(R) y asfaltenos(A) (Villao et al., 2017).

Según la proporción que interviene en su consistencia química regirá las propiedades físicas del asfalto. Con grandes cantidades de aceites, el asfalto actuará como un líquido viscoso, cuando el asfalto está en presencia de altas temperaturas en la planta, se reduce los aceites provocando la unión entre los núcleos de asfaltenos, donde la fricción entre ellos origina el aumento de su viscosidad. Así mismo, durante el proceso de oxidación los aceites protegen al asfalto por su alta estabilidad química, donde grandes contenidos de aceites harán del cemento asfáltico más durable y resistente al envejecimiento (Villao et al., 2017).

### **2.2.3. Propiedades físicas del asfalto**

Según Márquez y Ureta (2018), las propiedades físicas del asfalto tienen una mayor preponderancia a la hora de correlacionarlas con el diseño, construcción y mantenimiento de carreteras, entre las más importante se tiene:

**Buen comportamiento reológico:** Depende de la variación de su consistencia cuando es sometido a un cambio de temperatura y al tiempo de aplicación de carga. Para caracterizar este comportamiento, se realizan ensayos de viscosidad y ensayos empíricos de consistencia (penetración, punto de ablandamiento, ductilidad). Por medio de la viscosidad, se puede señalar que a mayor temperatura el asfalto se torna un componente líquido y blando. Por otro lado, a menor temperatura se vuelve un material más denso y viscoso (Márquez & Ureta, 2018).

**Resistencia al envejecimiento:** Los cementos asfálticos están propensos a endurecerse a lo largo de su vida útil. Esta reacción es provocada por la presencia de oxígeno y a las altas temperaturas durante el proceso de mezclado. El proceso de envejecimiento va acompañado por un incremento de la fracción de los asfaltenos. Esto implica que el envejecimiento está asociado a un proceso de oxidación que provoca el aumento en la polaridad de la mezcla y una disminución en la fracción de aromáticos ocasionada por el rompimiento de los anillos durante la oxidación. La disminución de los compuestos aromáticos y de resinas puede ser responsable del endurecimiento observado en los asfaltos (Márquez & Ureta, 2018).

**Adhesividad a los áridos:** Es la propiedad del cemento asfáltico que permite unirse o adherirse a las partículas de los agregados en la elaboración de las mezclas asfálticas. Es importante que exista un buen contacto entre la superficie del árido y el betún, de esta forma se elimina el agua de la superficie y se reduce la viscosidad del ligante para que moje perfectamente los áridos. La adhesividad no solo depende del ligante asfáltico sino de las condiciones o tipos de áridos a utilizar como limpieza y contenido de humedad, temperatura del mezclado, textura, etc. (Márquez & Ureta, 2018).

#### **2.2.4. Aditivos rejuvenecedores**

Los rejuvenecedores son aditivos que se encargan de proporcionar al asfalto envejecido los componentes perdidos de tal forma que recupera sus propiedades originales, además de crear un reacomodo en el asfalto disminuyendo la permeabilidad al agua y al aire (Márquez & Ureta, 2018).

Como se ha mencionado la oxidación es un fenómeno que se produce en un betún asfáltico que puede generar en la superficie del pavimento microfisuras donde inciden los efectos del clima, temperatura, entre otros. En este fenómeno se produce un exceso de asfaltenos, carbenos, y carboides que conllevan a una pérdida de las propiedades iniciales de un asfalto, y por lo tanto afecta directamente a la durabilidad del mismo. La función de los aditivos rejuvenecedores radica en proporcionar los componentes perdidos al betún envejecido, además de peptizar y redispersar los asfaltenos que se encuentren en exceso, y de esta manera poder garantizar una mayor durabilidad del mismo (Márquez & Ureta, 2018).

Hoy en día los rejuvenecedores se utilizan comúnmente en el reciclaje de mezclas asfálticas, en el cual se busca restaurar su consistencia y sus propiedades reológicas, y poder incluso mejorar las propiedades como ligante en condiciones que se asemejen a las iniciales. Además, se puede establecer un posible control del grado de desempeño del asfalto, en base a los porcentajes del rejuvenecedor a usar y a la cantidad de RAP (Márquez & Ureta, 2018).

Los rejuvenecedores o el llamado rejuvenecimiento de pavimentos está diseñado para restablecer las características originales de los ligantes de pavimento asfáltico que se encuentran envejecidos (oxidados). Estos rejuvenecedores son usados para ablandar el ligante envejecido y crear un rejuvenecimiento de amplio espectro que reponga los volátiles y aceites dispersantes. A su vez, que promuevan la adhesión y restablezcan la

proporción original de asfáltenos a máltenos, de tal manera que el rejuvenecimiento sea altamente aromático y sea capaz de mejorar tanto la susceptibilidad a la temperatura como la susceptibilidad al endurecimiento del pavimento asfáltico envejecido [Según la norma INVÍAS en el artículo 462-13, el agente rejuvenecedor usado para reciclado debe ser un material orgánico que tenga características químicas y físicas que ayuden a devolverle al asfalto envejecido la calidad necesaria para asegurar el buen comportamiento de la nueva mezcla (Vásquez & Valdivieso, 2021).

### 2.2.5. Mezclas asfálticas

La mezcla asfáltica natural es un material compuesto esencialmente de arenas finas y conglomerado que están impregnadas de asfalto, cuyo proceso se ha realizado en el interior de los depósitos naturales y de manera igualmente natural por muchos años, siendo este parámetro común para la mayoría de los depósitos que se encuentran en el territorio colombiano. El contenido de asfalto residual puede variar según el origen y la fuente de explotación. El material pétreo presente en el asfalto natural deberá estar exento de materia orgánica o cualquier otra sustancia perjudicial (González, Melo y Rodríguez 2019).

Generalmente las mezclas son fabricadas en centrales fijas o móviles, desde donde se transportan hasta la obra, allí se deben extender y compactar a temperaturas y viscosidades óptimas, por lo que, para garantizar estas condiciones, en algunos casos se utilizan aditivos químicos o modificadores como zeolitas, caucho o incluso diferentes tipos de aceites (González, Melo y Rodríguez 2019).

Tabla 2.1. Descripción del agregado.

Denominación	Descripción
Agregado grueso	Porción de agregado retenido en el tamiz N° 4
Agregado fino	Porción del agregado comprendido entre el tamiz 4 y 200
Llenante mineral	Porción que pasa el tamiz N°200

Fuente: González et al. (2019).

### 2.2.6. Clasificación de las mezclas asfálticas por temperatura

Según González et al. (2019) las mezclas asfálticas están clasificadas según su temperatura: Mezcla asfáltica en caliente, en frío y tibias. A continuación, se describen cada una de ellas:

#### Mezcla asfáltica en caliente

Una mezcla de asfalto en caliente es aquella que la temperatura de fabricación está por encima de los 145°C. Se utiliza como material ligante un cemento asfáltico que no es fluido a temperatura ambiente, por tanto, requiere ser calentado a altas temperaturas hasta lograr disminuir su viscosidad a un valor requerido. En el proceso de elaboración es necesario calentar el agregado a temperaturas similares a las del ligante a fin de mantener la viscosidad y en ningún caso, la diferencia de temperatura entre el asfalto y los agregados debe ser mayor a 10 °C (González, Melo y Rodríguez 2019).

### **Mezcla asfáltica en frío**

La mezcla asfáltica en frío es una mezcla de agregado mineral con o sin relleno mineral, con asfalto emulsionado o rebajado, todo el proceso se lleva a cabo a temperatura ambiente (Gomes y Ramón 2017b).

### **Mezclas asfálticas tibias**

Son las mezclas que se producen a temperaturas entre los 100 °C y los 135 °C, involucra nuevas técnicas y productos en su fabricación, que tienen como fin disminuir el consumo energético y por lo tanto los costos de producción asociados, además permiten incrementar las distancias de transporte de la mezcla de la fábrica a la obra y mejoras en la compactabilidad. El uso de estas mezclas requiere un mayor cuidado en su preparación, debido a los efectos negativos que pueden ocasionar la adición de productos en la mezcla (Hernández & Ramírez, 2016).

#### **2.2.7. Reciclaje de pavimentos**

El concepto de reciclado en carreteras es relativamente nuevo, sin embargo, las técnicas de aprovechamiento de subproductos y reutilización de materiales para la construcción o mejoramiento de carreteras se conocen hace más de 50 años, los primeros datos sobre el uso del pavimento asfáltico reciclado (RAP) se remontan a 1915, sin embargo, el desarrollo real del RAP se produjo desde mediados de la década de 1970 durante la crisis del petróleo (Méndez 2015).

El pavimento de asfalto reciclado (RAP) es el material producido a partir de la eliminación de viejas carreteras de asfalto. Este material se puede agregar en nuevos caminos en la placa de asfalto y su principal beneficio está derivado de los costos directos por la reducción de materiales vírgenes (Hernández & Ramírez, 2016).

Según el Instituto Nacional de Vías INVIAS, el reciclado de pavimentos, es una técnica viable y económica para el mejoramiento de las carreteras colombianas, ya que hace posible reutilizar los materiales que se encuentran dispuestos en las carreteras, toda vez que hayan cumplido su vida útil, conservado de esta manera el patrimonio vial (Hernández & Ramírez, 2016).

#### **2.2.8. Técnicas de reciclaje de pavimentos**

Estas técnicas se dividen en varios tipos diferentes, que se mencionan a continuación (Buitrago y Gonzáles, 2016):

##### **Reciclado in situ en caliente**

Se reutilizan los materiales de la estructura envejecida mediante un tratamiento a altas temperaturas en el lugar de la obra, se calienta mediante unos quemadores y este material se mezcla con agentes químicos rejuvenecedores y con nueva mezcla, que al final se extiende y compacta según el espesor requerido (Buitrago y Gonzáles, 2016).

##### **Reciclado in situ en frío con cemento**

Procedimiento que se fundamenta en el fresado en frío de un cierto grosor del pavimento envejecido y el mezclado de este material con un conglomerante hidráulico como el cemento utilizado normalmente. El nuevo material se extiende y se compacta definiendo una sólida base para posteriores refuerzos (Buitrago y Gonzáles, 2016).

##### **Reciclado in situ en frío con emulsiones bituminosas**

Esta técnica, reutiliza la totalidad de los materiales extraídos del pavimento envejecido. EL procedimiento usual y básico consiste en el fresado en frío de cierto espesor del pavimento, este material se mezcla con una proporción determinada de emulsión y otros aditivos. El nuevo material se extiende y se compacta, seguido del curado de la capa reciclada y por último la extensión de una capa delgada de rodadura a base de mezcla caliente (Hernández y Ramírez, 2016).

##### **Reciclado en planta**

Este procedimiento permite reciclar el conjunto o una cierta proporción de material envejecido mediante una central asfáltica adaptada. Al ser el porcentaje de material envejecido relativamente bajo, esta metodología permite corregir problemas graves de dosificación o calidad de los materiales (Hernández y Ramírez, 2016).

## Pavimentos flexibles

Los pavimentos flexibles son definidos como estructuras viales que están conformadas en primer lugar por una capa asfáltica que se compone en dos capas: la capa de rodadura y la siguiente capa en la cual está la base intermedia con la base asfáltica que se encuentra apoyada sobre capas de menor rigidez y compuestas por materiales granulares no tratados o ligados, tales como: base, subbase, afirmado y en algunos casos la subrasante mejorada o material de conformación, que a su vez se soportan entre sí sobre el terreno natural o subrasante como se muestra en la Figura 2.2 (Vásquez y Valdivieso, 2021).

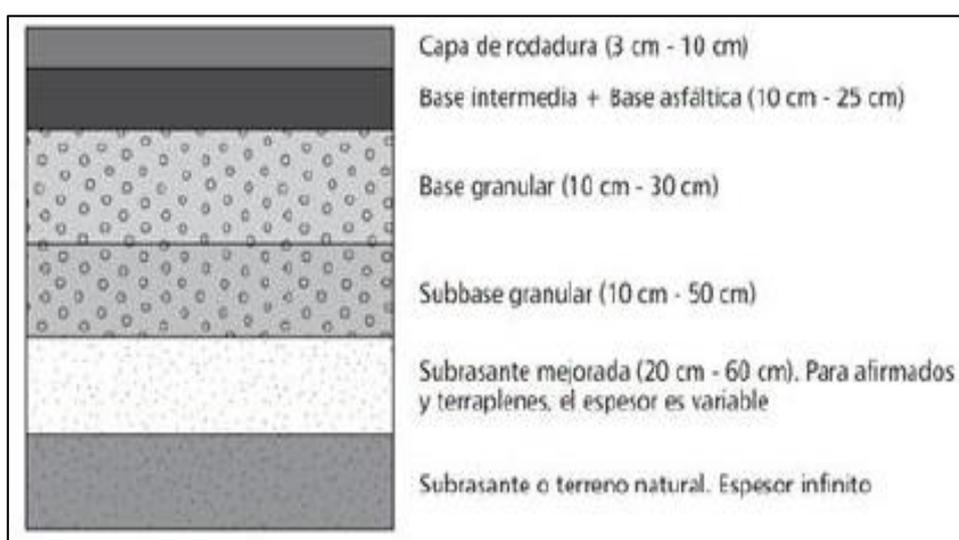


Figura 2.2. Perfil de pavimento flexible.  
Fuente: Vásquez y Valdivieso (2021).

Según Vásquez y Valdivieso (2021) las principales funciones de la capa asfáltica son:

- Estructural: La capa asfáltica debe estar diseñada y construida de manera que sea resistente a los fenómenos de fatiga, a los efectos del clima y así mismo, resistente a la acumulación de las deformaciones permanentes causadas por las cargas cíclicas vehiculares.
- Funcional: La capa asfáltica debe estar diseñada y construida de manera que permita la circulación cómoda y segura de los vehículos durante su vida útil.
- Impermeabilización: La capa asfáltica debe impedir la penetración directa del agua a las capas subyacentes, limitando la pérdida de

resistencia al corte que pueden experimentar las capas granulares de base y subbase, al igual que la subrasante cuando se incrementa el grado de saturación de los materiales que la conforman.

Hay que mencionar, además, que cada una de las capas que componen la carpeta asfáltica están compuestas por mezclas asfálticas, las cuales a su vez se componen de materiales granulares o pétreos que son seleccionados y que están ligados con un material asfáltico o asfalto, y presentan requisitos mínimos de calidad diferentes en cuanto a su función (Vásquez y Valdivieso, 2021).

### **2.2.9. Propiedades de las mezclas asfálticas**

Según Vásquez y Valdivieso (2021) para definir cuáles son las principales propiedades de las mezclas asfálticas es necesario considerar que estas mezclas deben ser capaces de proporcionar una superficie de rodadura segura, confortable y estética para los vehículos. Asimismo, que estas mezclas sean capaces estructuralmente de soportar la mayor parte de las solicitaciones del tráfico, de forma que lleguen en menor proporción a las capas inferiores. Es por eso que las principales propiedades que se desean en las mezclas son:

- Resistencia a las deformaciones permanentes, a la fatiga, al deslizamiento, al envejecimiento, a las condiciones ambientales y; a la resistencia bajo carga monotónica a tracción (estabilidad).
- Impermeabilidad.
- Durabilidad.
- Trabajabilidad.
- Economía.

### **2.2.10. Procesamiento del RAP**

El pavimento asfáltico reciclado (RAP) es un material que se obtiene del reciclado de una vía asfáltica antigua, por lo que para su obtención debe ser fresado. Este tratamiento implica la eliminación del pavimento de la superficie de rodadura hasta una profundidad de 50 mm, posteriormente este material roto es colocado en camiones para poder ser transportados a una planta especializada en el que se someterá a procesos como la trituración, cribado, transporte y apilamiento; sin embargo, en la mayor cantidad de

procesos el pavimento antiguo es pulverizados in situ, para poder ser incorporados en las capas de base granular (Castellanos y Socha, 2014).

Investigaciones han demostrado que la aplicación del concreto reciclado es más eficiente cuando es procesado en campo, pues se mezcla con materiales vírgenes y agentes rejuvenecedores con la cual se mejora de manera sustancial las propiedades aglutinantes (Castellanos y Socha, 2014).

El material que se obtiene del reciclado es irregular, por lo que el buen comportamiento dependerá de los aditivos que se considere en su mezcla, sin embargo, hay situaciones en las que el 100 % de este material puede ser efectivo, lo cual es económicamente viable; evitando además la contaminación ambiental, pues mucho de estos no poseen botaderos (Castellanos y Socha, 2014).

De acuerdo a Castellanos y Socha (2014) existen dos formas de reciclado del pavimento:

Reciclado en frío, es un proceso en el que se considera una emulsión bituminosa complementaria, por ello esta puede clasificarse en: RFE I, en la cual el material no está tratado con ligantes bituminosos; REF II, en la cual son reciclado de manera simultánea con bitumen y REF III, en la cual el material reciclado corresponde a vías que soportan tráfico pesado (Castellanos y Socha, 2014).

Reciclado Mixto, el cual es una técnica de reciclado en frío en el que se utiliza la emulsión bituminosa y cemento, por lo que sus dosificaciones recomendadas varían entre 1 % y 2 % de cemento o cal (Castellanos y Socha, 2014).

#### **2.2.11. Gestión de residuos de la construcción en la ciudad de Huancayo**

La gestión de residuos de construcción en la ciudad de Huancayo no es adecuada, pues la mayoría de estos son arrojados a las riberas de ríos o son colocados en botaderos informales generando un impacto ambiental negativo (Vera, 2020).

De acuerdo a Vera (2020) en la producción de residuos de construcciones fue de 12.4 millones de metros cúbicos, originados por el sector público en 30 % y en un 70 % por el privado, esto resulta un problema, pues hasta la actualidad no se cuenta siquiera con una planta de tratamientos de residuos sólidos, pues zonas como La Punta no otorgan su licencia social.

Es por lo mencionado que la gestión de residuos de construcción y especialmente de carreteras no tiene una disposición adecuada, por lo que al cumplir su ciclo de vida se vuela un punto de contaminación visual y ambiental (Vera, 2020).

Entre los principales botaderos de la ciudad de Huancayo se conoce que destacan los siguientes:

- Barrio Progreso, ubicado en el distrito de Chilca.
- Barrio Porvenir, ubicado en el distrito de El Tambo, en la cual se confinan un total de 18° toneladas al día.
- La planta de tratamiento de Tiranapampa, ubicado en el distrito de Sapallanga, y que hasta la fecha no está en funcionamiento.

Sin embargo, es preciso mencionar que, de manera informal, existen varios botaderos que generalmente se encuentran en las orillas del río Shullcas y el Mantaro.

#### **2.2.12. Ventajas y desventajas del RAP**

El uso del RAP en el asfalto de mezcla en caliente (HMA por sus siglas en inglés) disminuye el costo de la construcción, reduce los costos de transporte de materiales y promueve la sostenibilidad. Entre sus ventajas más importantes se encuentra el ahorro energético, ahorro económico, disminución de desechos y buen desempeño de los materiales (Argumedo 2019).

A su vez, los principales beneficios ambientales asociados con el uso del RAP incluyen:

- Reducción de las emisiones y del uso de combustible/energía.
- Reducción de los costos de producción.
- Conservación de los recursos no renovables.
- Conservación de los valiosos espacios de vertederos. Las mezclas de asfalto que contienen RAP también podrían proporcionar algunos beneficios técnicos.

El uso de materiales de RAP en las mezclas de asfalto también podría tener algunas desventajas relacionadas principalmente con el rendimiento de las mezclas que

contienen RAP. Sin embargo, este problema puede abordarse mediante el fraccionamiento del RAP en diferentes tamaños (Argumedo 2019).

### 2.2.13. Normatividad para el desarrollo de las mezclas asfálticas

En el Perú no existe una normativa que regule y estandarice el uso del pavimento reciclado, es por ello que, en la actualidad, su estudio está comprendido en la consideración establecida en el Manual de Carreteras EG 2013, en la que se detalla los siguiente.

Las normas consideradas para el control de la calidad de los agregados finos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2.2. Normativas peruanas para el control de la calidad del agregado grueso

Ensayo	Normativa
Durabilidad	MTC E 209
Abrasión los Ángeles	MTC E 207
Adherencia	MTC E 516
Índice de durabilidad	MTC E 214
Partículas chatas y alargadas	ASTM D 4791
Caras fracturadas	MTC E 210
Sales solubles	MTC E 219
Absorción	MTC E 206

Por su parte, para el estudio de los agregados gruesos, el manual mencionado detalla la consideración de las siguientes normas.

Tabla 2.3. Normativas peruanas para el control de la calidad del agregado fino y el ensayo Marshall.

Ensayo	Normativa
Equivalente de arena	MTC E 114
Angularidad del agregado fino	MTC E 222
Azul de metileno	AASHTO TP 57
Índice de plasticidad	MTC E 111
Índice de plasticidad	MTC E 114
Durabilidad	MTC E 209
Índice de durabilidad	MTC E 214
Sales solubles totales	MTC E 219
Análisis granulométrico	ASTM C-136
Ensayo Marshall	MTC E 504

## 2.3. Marco conceptual

**Pavimento.** - Estructura construida sobre la subrasante de la vía para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por: subbase, base y rodadura (Argumedo, 2019).

**Asfalto.** - Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo (Argumedo, 2019).

**Penetración.** - Es usado en los productos bituminosos para medir la consistencia a una temperatura de ensayo. Entre más altos los valores de penetración las consistencias son más blandas (Vasquez y Valdivieso, 2021).

**Punto de ablandamiento.** - Es un indicador de la tendencia a fluir del material sometido a altas temperaturas y es útil en la clasificación de los productos bituminosos (Vasquez y Valdivieso, 2021).

**Reciclar.** - Reciclar es someter un material usado o un desperdicio a un proceso en el cual se recupera, total o parcialmente, la materia prima o los componentes que fueron utilizados para su elaboración, de modo que puedan volver a ser aprovechados (Vasquez y Valdivieso, 2021).

**RAP.**- Son las siglas del pavimento reciclado, el cual se obtiene del procesamiento del fresado de un pavimento antiguo (Paccori, 2018).

**Agregados.** - Se refiere también como roca, sustancia granulada o acumulación mineral, es cualquier sustancia mineral resistente e inerte utilizada, en forma de partículas graduadas o fragmentos, como parte de un pavimento de mezcla bituminosa en caliente (Huari, 2020).

**Ensayo de adherencia.** - El proceso consiste en recolectar las muestras del ensayo de recubrimiento con el objetivo de determinar el peso del material que se adhiere a los agregados (Paccori, 2018).

**Ligante asfáltico.** - Sustancia de unión, obtenida del proceso de refinación del petróleo, sin alteraciones en su composición química. Se trata de un material con propiedades de impermeabilización, cuya consistencia varía entre sólida y semisólida, de acuerdo a la temperatura en la que se encuentre (Huari, 2020).

**Rejuvenecedores.** - El rejuvenecimiento de pavimentos se refiere a la aplicación de rejuvenecedores, que son productos diseñados específicamente para restaurar las propiedades originales de los ligantes de pavimento asfáltico que han envejecido debido a la oxidación (Vasquez y Valdivieso, 2021).

## **CAPÍTULO III: HIPÓTESIS**

### **3.1. Hipótesis**

#### **3.1.1. Hipótesis general**

El agente rejuvenecedor de asfalto incide en la calidad de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.

#### **3.1.2. Hipótesis específicas**

- a) El agente rejuvenecedor modifica el peso específico de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.
- b) El agente rejuvenecedor altera la cantidad de vacíos de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.
- c) El agente rejuvenecedor afecta la rigidez de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.
- d) El agente rejuvenecedor varía la concentración de filler de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.

### **3.2. Variables**

#### **3.2.1. Definición conceptual de las variables**

**Variable independiente: agente rejuvenecedor.** – Los agentes rejuvenecedores son aditivos que se encargan de proporcionar al asfalto envejecido los componentes perdidos de tal forma que recupera sus propiedades originales, además de crear un

reacomodo en el asfalto disminuyendo la permeabilidad al agua y al aire (Márquez y Ureta, 2018).

**Variable dependiente: calidad de la mezcla asfáltica reciclada.** – De acuerdo al Manual de carreteras: especificaciones técnicas para la construcción (MTC, 2013), la calidad de la mezcla asfáltica está determinada con el cumplimiento de características como rigidez, vacíos y concentración de filler; considerando además la gradación de los agregados.

### 3.2.2. Definición operacional de las variables

**Variable independiente: agente rejuvenecedor.** – La consideración de su aplicación está en función porcentual respecto al peso total de la mezcla, en proporciones de 4 %, 5 % y 6 %. Asimismo, se optó por emplear mezclas asfálticas donde se reemplazó el 20 %, 25 % y 30 % del agregado por RAP.

**Variable dependiente:** Calidad de la mezcla asfáltica reciclada. – Se obtuvo en función de la determinación de la gradación necesaria del asfalto reciclado, el porcentaje de vacíos, la rigidez y la concentración de filler.

### 3.2.3. Operacionalización de las variables

La operacionalización implica la conversión de una variable abstracta o conceptual en una medida observable o cuantificable. Esto implica definir claramente los indicadores o mediciones que se utilizaron para recopilar datos sobre la variable de interés. Los criterios para evaluar una definición operacional son la adecuación al contexto, la capacidad para capturar los componentes de la variable de interés, la confiabilidad y la validez CITAR FENANDEZ COLLADO

Respecto a la operacionalización de las variables, a continuación se tiene para la variable independiente (agente rejuvenecedor) cuya dimensión fue la cantidad del mismo y el indicador el porcentaje de la adición que está en función del peso de la mezcla asfáltica; en cuanto, a la variable dependiente (calidad de la mezcla asfáltica reciclada) las dimensiones consideradas fueron el peso específico, rigidez (indicadores como la estabilidad y el flujo), vacíos (indicadores como los vacíos llenos de asfalto, vacíos del agregado mineral y los vacíos en la mezcla asfáltica) y la concentración de filler (indicador que viene a ser la relación polvo - asfalto).

Tabla 3.1. Operacionalización de las variables.

<b>Variable</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad</b>
<b>Variable independiente:</b> Agente rejuvenecedor	Cantidad de rejuvenecedor	Porcentaje de adición respecto al peso de la mezcla asfáltica	%
<b>Variable dependiente:</b> Calidad de la mezcla asfáltica reciclada	Peso específico	Peso específico	%
	Rigidez	Estabilidad	KN
		Flujo	mm
	Vacíos	Vacíos llenos de asfalto	%
		Vacíos del agregado mineral	%
		Vacío de la mezcla asfáltica	%
Concentración de filler	Relación polvo - asfalto	Adimensional	

## **CAPÍTULO IV: METODOLOGÍA**

### **4.1. Método de investigación**

La metodología de la presente investigación, estuvo basada en el método científico, pues según lo establece Ñaupas (2014) este tipo de método permite generar nuevos conocimientos en base a un procedimiento sistematizado u ordenado. Este procedimiento consiste en desarrollar el ciclo del método científico, el cual consta de la observación, el planteamiento del problema, la formulación de las hipótesis, la experimentación, la tesis y la síntesis.

### **4.2. Tipo de investigación**

La investigación tecnológica en el campo de las ciencias de la ingeniería se refiere a la generación de conocimiento tecnológico validado, que abarca tanto los productos cognitivos, como teorías, técnicas, tecnologías, maquinarias y patentes, así como las acciones llevadas a cabo por los ingenieros para crear y validar dichos productos y conocimientos (Dean, 2014).

El tipo de investigación desarrollada fue la aplicada, es decir, que para su desarrollo se consideró aplicar conocimiento existente referentes al tema de investigación, y establecer su aplicabilidad para solucionar problemas reales (Hernández et al., 2014)

Explicado de otra manera, se puede mencionar que para la ejecución del desarrollo se aplicó teorías ya desarrolladas, como el método de diseño Marshall, la eficacia de los aditivos rejuvenecedores, la definición de las propiedades del asfalto y su

comportamiento sin ningún tipo de aditivo; todo ello con la finalidad de establecer una solución al problema que es el objeto de estudio en la presente tesis, la cual es mejorar las propiedades de mezclas asfálticas antiguas mediante la inclusión de un elemento rejuvenecedor.

#### **4.3. Nivel de investigación**

El nivel de investigación de la presente tesis fue el explicativo, pues según describe Hernández et al. (2014) este nivel considera establecer una relación de causa y efecto entre las variables estudiadas con el fin de establecer mediciones o variaciones entre los grupos que comprenda el estudio.

Es decir que, al aplicar un nivel explicativo en el desarrollo de la tesis, se pudo establecer como el uso del elemento rejuvenecedor modifica las principales propiedades de la mezcla asfáltica para tránsito ligero, al utilizar diferentes porcentajes del contenido de cemento asfáltico como 4.5 %, 5%, 5.5% y 6 % para un 20 %, 25 % y 30 % de pavimento asfáltico reciclado (RAP).

#### **4.4. Diseño de investigación**

La presente tesis considerará como diseño el experimental, pues este, según Ccanto (2010), permite modificar de manera deliberada una de las variables de estudio.

Es decir que, en el presente trabajo de investigación, se manipuló mediante variaciones porcentuales de 4 %, 5% y 6 % de la variable independiente agente rejuvenecedor, y se midió los efectos en la variable dependiente calidad de la mezcla asfáltica reciclada. Además, a ello también se consideró grupos de control, por lo que fue necesario comparar con cada grupo de variación del elemento rejuvenecedor.

#### **4.5. Población y muestra**

##### **4.5.1. Población**

La población de la presente investigación correspondió a una población infinita de briquetas de mezcla asfáltica reciclada con adición de un agente rejuvenecedor los cuales se llevan a cabo en un laboratorio especializados sobre asfalto; donde se estableció también la cantidad de adición óptima de agregado reciclado en su composición en la provincia de Huancayo.

#### 4.5.2. Muestra

Por el hecho de ser un tipo de muestreo no probabilístico intencional, la elección de los individuos se basa en criterios específicos del investigador y no se utiliza ningún método de selección aleatoria. Se contó con un total de 108 briquetas de mezclas asfálticas en caliente donde fue posible medir mediante el ensayo Marshall sus diferentes propiedades, con porcentajes de adición 4 %, 5 % y 6 % a la variable independiente agente rejuvenecedor para los porcentajes 20 %, 25 % Y 30 % de pavimento asfáltico reciclado RAP tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla 4.1. Tabla de muestras.

Mezcla asfáltica	Número de briquetas según contenido de cemento asfáltico			
	4.50%	5.00%	5.50%	6.00%
MAC <sup>1</sup> con RAP <sup>2</sup> 20 % + 4 % AR <sup>3</sup>	3	3	3	3
MAC con RAP 20 % + 5 % AR	3	3	3	3
MAC con RAP 20 % + 6 % AR	3	3	3	3
MAC con RAP 25 % + 4 % AR	3	3	3	3
MAC con RAP 25 % + 5 % AR	3	3	3	3
MAC con RAP 25 % + 6 % AR	3	3	3	3
MAC con RAP 30 % + 4 % AR	3	3	3	3
MAC con RAP 30 % + 5 % AR	3	3	3	3
MAC con RAP 30 % + 6 % AR	3	3	3	3
Total	108			

<sup>1</sup>MAC es mezcla asfáltica en caliente

<sup>2</sup>RAP es el pavimento asfáltico reciclado

<sup>3</sup>AR es el porcentaje de agente rejuvenecedor.

#### 4.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

##### El análisis documental

Esta técnica consiste en reunir datos provenientes de distintas fuentes, ya sea de manera digital o física, con el propósito de ampliar el entendimiento acerca de las variables objeto de estudio. En esta perspectiva, su adopción fue fundamental en las etapas de concepción del plan de tesis y en la programación de los ensayos de laboratorio (Castillo, 2021).

Se recopilaron los datos para la investigación a través de tesis, libros y normas de diferentes tipos relacionados con el tema de investigación, como la mezcla asfáltica en caliente, los pavimentos flexibles reciclados y agentes rejuvenecedores del asfalto. Se analizaron los métodos a seguir con el objetivo de mejorar las mezclas de asfalto en caliente con la incorporación de pavimentos reciclados en porcentajes 20 %, 25 % y 30

% y un agente rejuvenecedor en porcentajes del 4 %, 5 % y 6 %. Esto para permitir su utilización en las carreteras de la provincia de Huancayo beneficiando a la población.

### **La observación**

Esta investigación consideró como técnica para la recolección de datos a la observación, que facilitó recolectar los datos en laboratorio cuando se desarrolló cada uno de los ensayos en la mezcla asfáltica en caliente.

### **Instrumentos**

Respecto a los instrumentos que se consideraron en esta tesis, fueron fichas donde se logró anotar cada uno de los valores de las propiedades de las mezclas asfálticas en caliente; asimismo, es dable mencionar que tales fichas estuvieron validadas por juicios de expertos en concordancia con las normas técnica peruana CE 0.10 pavimentos urbanos y las políticas del laboratorio donde se ejecutó la investigación cuyas fichas fueron:

- Peso específico
- Estabilidad
- Flujo
- Vacíos llenos de asfalto
- Vacíos del agregado mineral
- Vacíos de la mezcla asfáltica
- Relación mezcla asfáltica

## **4.7. Procesamiento de la información**

Los datos fueron procesados en el programa Microsoft Excel donde se logró organizarlos por grupos, tablas y figuras de dispersión de datos. Adicionalmente, se optó por emplear el programa SPSS donde se pudo realizar el procesamiento estadístico inferencial.

## **4.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

**Procesamiento de la información.** - Los resultados empíricos y los datos recopilados se obtuvieron a partir de los ensayos efectuados en el laboratorio, lo cual hizo

necesario su procesamiento mediante el software Microsoft Excel. Esta herramienta fue fundamental para la presentación de los datos en forma de gráficos y tablas, lo que facilitó la comprensión de la información.

**análisis de datos.** - Se procedió a realizar un análisis de los datos obtenidos en esta investigación mediante la aplicación de una metodología cuantitativa. Para la organización de los datos recopilados en los experimentos llevados a cabo, se empleó el enfoque de estadística descriptiva. Esta etapa resultó de vital importancia para corroborar la hipótesis planteada a través de la medición numérica y el correspondiente análisis estadístico.

- **Como técnicas descriptivas.** - se consideró al gráfico de barras para denotar las variaciones entre cada una de las propiedades, en relación del contenido de RAP, el contenido de agente rejuvenecedor y lo establecido por las especificaciones técnicas generales para la construcción del MTC (2013).
- **Como técnicas inferenciales.** - se optó por la prueba de normalidad de Shapiro – Wilk estableciendo un nivel de significancia alcanzable de 0.05, asimismo, se consideró la prueba de comparación de grupos Kruskal – Wallis para aquellos datos cuya distribución fue no normal y el ANOVA de un factor donde la distribución fue normal.

## CAPÍTULO V: RESULTADOS

### 5.1. Caracterización granulométrica de agregados

Antes de realizar el ensayo Marshall y determinar varias de las características fundamentales de las mezclas asfálticas, fue necesario reconocer las características de los agregados a usar durante el desarrollo de la presente investigación, de este modo a continuación se presentan los resultados de la caracterización granulométrica de cada tipo de agregado y el resultado de esta mezcla.

#### 5.1.1. Agregados reciclados

Una vez obtenidos los agregados provenientes de la carpeta asfáltica reciclado, se procedió con el análisis de los mismos, obteniendo de esta forma un material pasante a partir de los tamices de 1/2", 3/8", N° 4, N° 8, N° 50 y N° 200 de 91.52, 81.00, 58.99, 40.92, 18.94 y 10.38 % respectivamente.

Tabla 5.1. Análisis granulométrico del agregado reciclado.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje (%)		
			Retenido	Acumulado	Que pasa
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	102.10	8.48	8.48	91.52
3/8"	9.525	126.70	10.52	19.00	81.00
N° 4	4.760	265.20	22.02	41.01	58.99
N° 8	2.380	217.60	18.07	59.08	40.92
N° 50	0.300	264.80	21.98	81.06	18.94
N° 200	0.074	103.10	8.56	89.62	10.38
< N° 200		125.00	10.38	100.00	0.00
Total		1204.50	100.00		

En base a estos resultados, fue realizada la curva granulométrica de estos agregados, quedando como se aprecia en la figura a continuación, estando aproximada a los requerimientos de un MAC II.

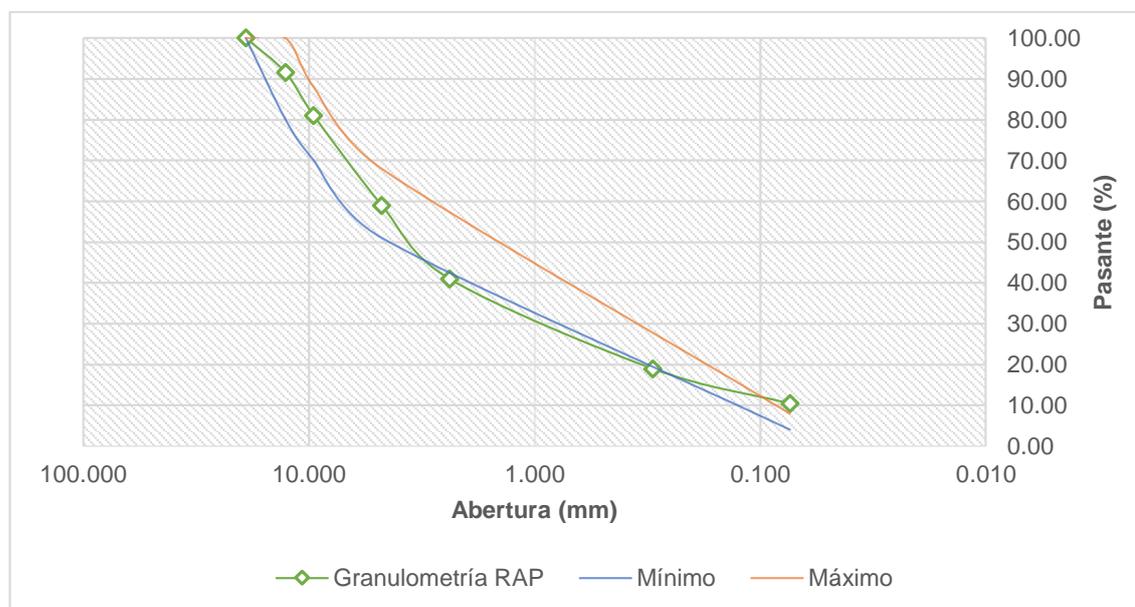


Figura 5.1. Curva granulométrica del agregado reciclado.

### 5.1.2. Agregado fino

También fue realizada la caracterización de los agregados naturales, en la siguiente tabla se presenta el resultado del análisis realizado sobre el agregado fino, obteniendo porcentajes de material pasante por los tamices N° 4, N° 8, N° 10, N° 40, N° 50, N° 80 y N° 200 siendo 98.15, 71.19, 65.01, 27.81, 23.73, 20.09 y 11.24 % respectivamente.

Tabla 5.2. Análisis granulométrico del agregado fino.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje (%)		
			Retenido	Acumulado	Que pasa
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 4	4.760	18.20	1.85	1.85	98.15
N° 8	2.380	265.30	26.96	28.81	71.19
N° 10	2.000	60.80	6.18	34.99	65.01
N° 40	0.425	366.10	37.20	72.19	27.81
N° 50	0.300	40.20	4.08	76.27	23.73
N° 80	0.180	35.80	3.64	79.91	20.09
N° 200	0.074	87.10	8.85	88.76	11.24
< N° 200		110.60	11.24	100.00	0.00
Total		984.10	100.00		

En ese sentido, la Figura 5.2 presenta la curva granulométrica del agregado natural fino utilizado en la presente investigación.

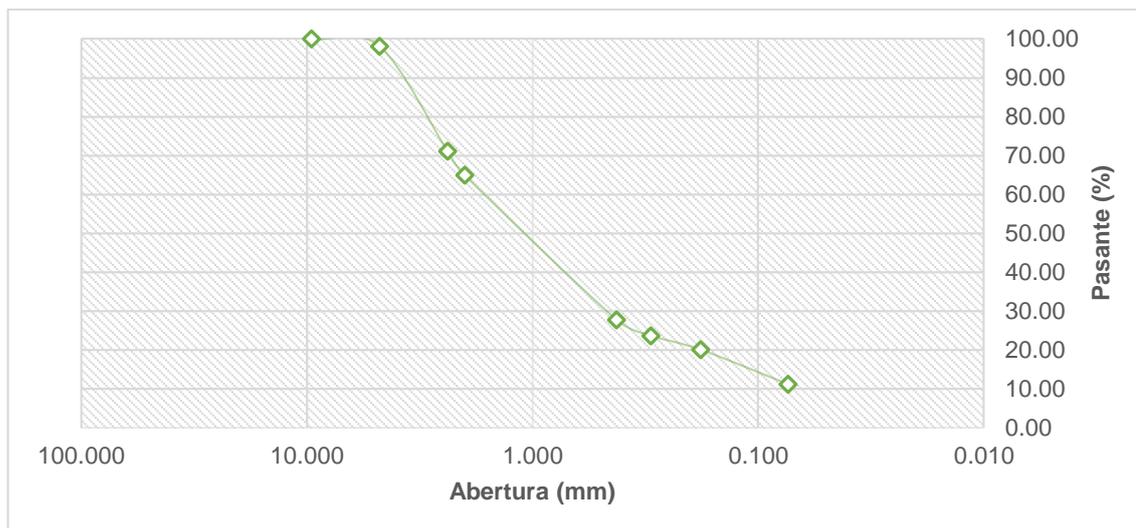


Figura 5.2. Curva granulométrica del agregado fino.

### 5.1.3. Agregado grueso

En la misma línea, en la Tabla 5.3 se tienen los resultados del análisis de caracterización granulométrica realizado para el agregado grueso utilizado, teniendo para las mallas de 1/2", 3/8", N° 4, N° 8 y N° 200 porcentajes de pasantes de 84.05, 55.2, 3.64, 0.17 y 0.17 % respectivamente.

Tabla 5.3. Análisis granulométrico del agregado grueso.

Tamiz	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje (%)		
			Retenido	Acumulado	Que pasa
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.700	3052.00	15.95	15.95	84.05
3/8"	9.525	5520.00	28.85	44.80	55.20
N° 4	4.760	9865.00	51.56	96.36	3.64
N° 8	2.380	663.00	3.47	99.83	0.17
N° 50	0.300	0.00	0.00	99.83	0.17
N° 200	0.074	0.00	0.00	99.83	0.17
< N° 200		33.00	0.17	100.00	0.00
Total		19133.00	100.00		

Con base a estos resultados, fue realizada la curva granulométrica, tal como se enseña en la Figura 5.3.

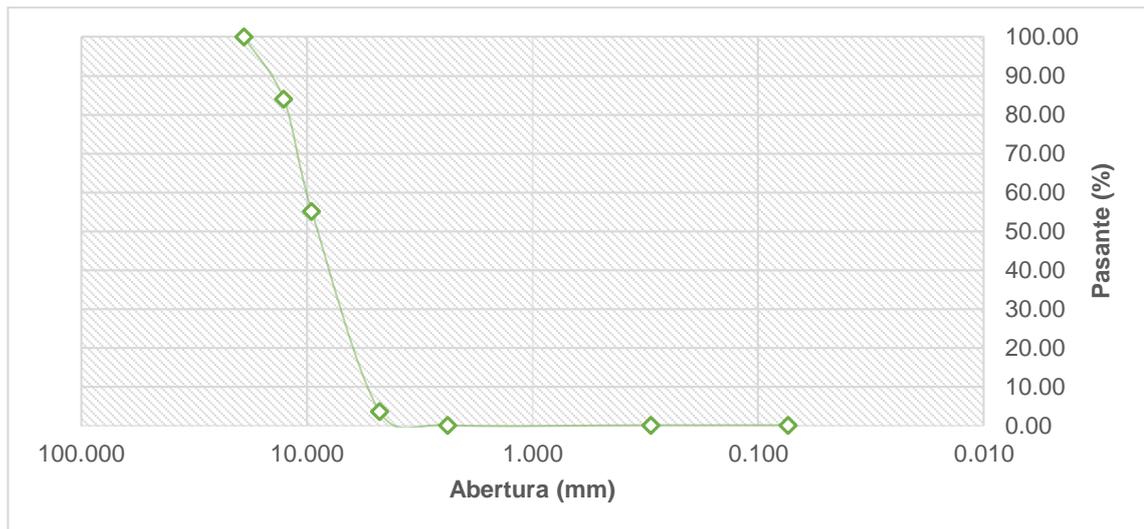


Figura 5.3. Curva granulométrica del agregado grueso

#### 5.1.4. Mezcla de agregados

Considerando ambas granulometrías obtenidas, fue realizada la mezcla de agregados por el laboratorio donde fueron obtenidos porcentajes de materiales pasantes por los tamices tamiz ¾", ½", 3/8", N° 4, N° 8, N° 50 y N° 200 de 98.20, 87.10, 75.60, 48.00, 36.30, 12.20 y 5.80 % respectivamente.

Tabla 5.4, Caracterización granulométrica de la mezcla de agregados.

Tamiz	Abertura (mm)	Porcentaje (%)		
		Retenido	Acumulado	Que pasa
1"	25.400	0.00	0.00	100.00
¾"	19.050	1.80	1.80	98.20
½"	12.700	11.10	12.90	87.10
3/8"	9.525	11.50	24.40	75.60
N° 4	4.760	27.60	52.00	48.00
N° 8	2.380	11.70	63.70	36.30
N° 50	0.300	24.10	87.80	12.20
N° 200	0.074	6.40	94.20	5.80
< N° 200		5.80	100.00	0.00
Total		100.00		

Teniendo estos resultados de la mezcla de agregados en laboratorio, la Figura 5.4, ajustada para cumplir con la especificación ASTM D-3515 D-4.

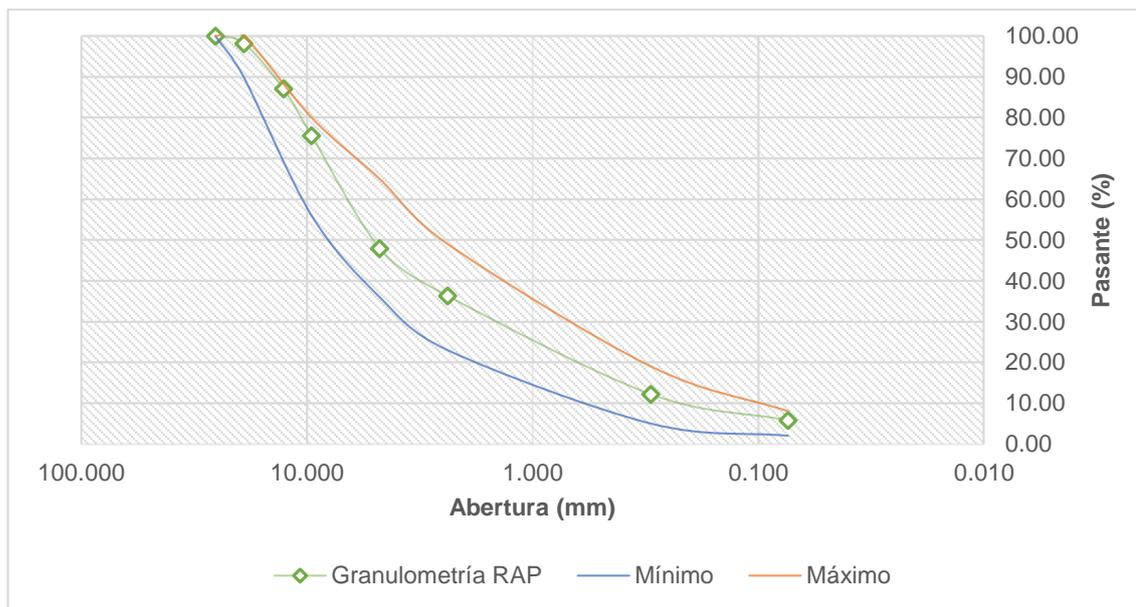


Figura 5.4. Curva granulométrica de la mezcla de agregados.

### 5.1.5. Ensayos Marshall de mezcla asfáltica en caliente

Fueron realizados los ensayos Marshall sobre las mezclas asfálticas con las distintas combinaciones consideradas en el presente estudio, de este modo fueron evaluados los distintos porcentajes de asfalto reciclado y el agente rejuvenecedor.

#### MAC con RAP 20 % + 4 % AR

De este modo, en la Tabla 5.5 se presentan los resultados de las distintas propiedades de la mezcla asfáltica en caliente, realizada con 20 % de RAP y 4 % de AR.

Tabla 5.5. Resultados del Marshall de MAC con RAP 20 % + 4 % AR.

Cemento asfáltico (%)	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Vacíos (%)	Vacíos de material agregado compactado (%)	Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (kg)	Estabilidad/flujo (kg/cm)	Relación polvo – asfalto
4.50	2.373	5.55	14.62	62.04	2.11	1392.00	6598.00	1.45
4.50	2.388	4.93	14.06	64.91	1.81	1462.00	8079.00	1.45
4.50	2.380	5.26	14.35	63.36	1.92	1474.00	7675.00	1.45
5.00	2.384	4.53	14.67	69.09	2.90	1407.00	4853.00	1.29
5.00	2.395	4.11	14.29	71.24	3.34	1358.00	4066.00	1.29
5.00	2.403	3.78	13.99	73.01	2.95	1374.00	4658.00	1.29
5.50	2.411	2.52	14.16	82.23	4.79	1317.00	2749.00	1.16
5.50	2.413	2.45	14.10	82.63	4.51	1277.00	2833.00	1.16
5.50	2.411	2.51	14.15	82.27	4.24	1321.00	3115.00	1.16
6.00	2.400	2.59	15.01	82.73	5.04	1084.00	2151.00	1.06
6.00	2.412	2.08	14.57	85.70	5.52	1122.00	2032.00	1.06
6.00	2.413	2.03	14.52	86.01	4.94	1106.00	2239.00	1.06

A partir de estos resultados se obtuvieron los valores promedio para cada porcentaje de asfalto, tal como se aprecia en la tabla adjunta a continuación.

Tabla 5.6. Resumen de ensayo Marshall de MAC con RAP 20 % + 4 % AR.

Propiedades	Cemento asfáltico (%)			
	4.50	5.00	5.50	6.00
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.38	2.39	2.41	2.41
Vacíos (%)	5.25	4.14	2.49	2.23
Vacíos de material agregado compactado (%)	14.34	14.32	14.14	14.70
Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)	63.44	71.11	82.38	84.81
Flujo (mm)	1.95	3.06	4.51	5.17
Estabilidad (kg)	1442.67	1379.67	1305.00	1104.00
Estabilidad/flujo (kg/cm)	7450.67	4525.67	2899.00	2140.67
Relación polvo - asfalto	1.45	1.29	1.16	1.06

De este modo, se realizaron las gráficas adjuntas en la Figura 5.5, Figura 5.6, Figura 5.7, Figura 5.8, Figura 5.9 y Figura 5.10 que comprenden la relación entre el porcentaje de asfalto con las propiedades de porcentaje de vacíos, vacíos de material compactado (VMA), vacíos llenos de cemento asfáltico (VLCA), flujo, estabilidad y la relación estabilidad/flujo (rigidez).

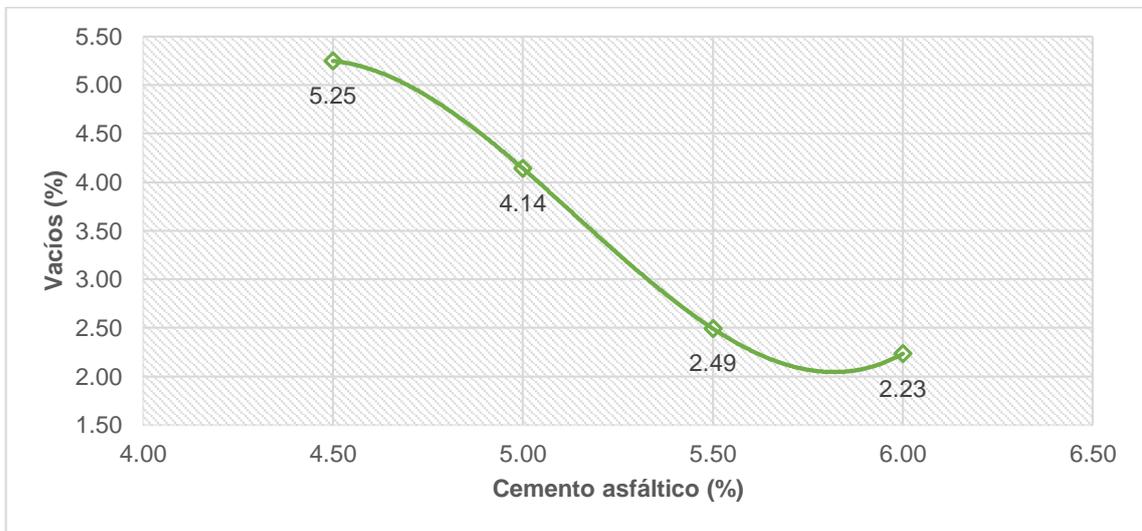


Figura 5.5. Relación de asfalto con vacíos de MAC con RAP 20 % + 4 % AR.

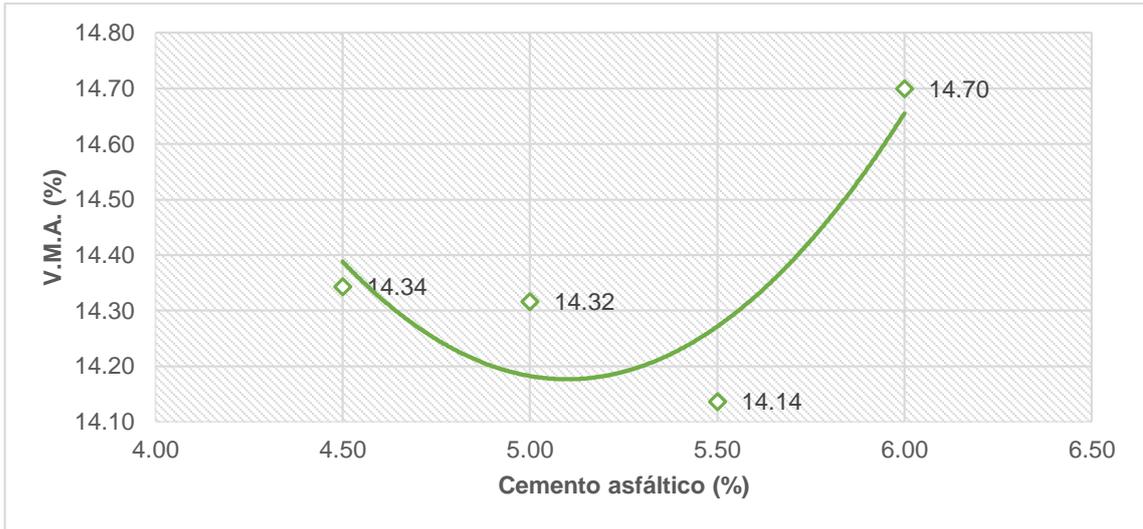


Figura 5.6. Relación de asfalto con VMA de MAC con RAP 20 % + 4 % AR.

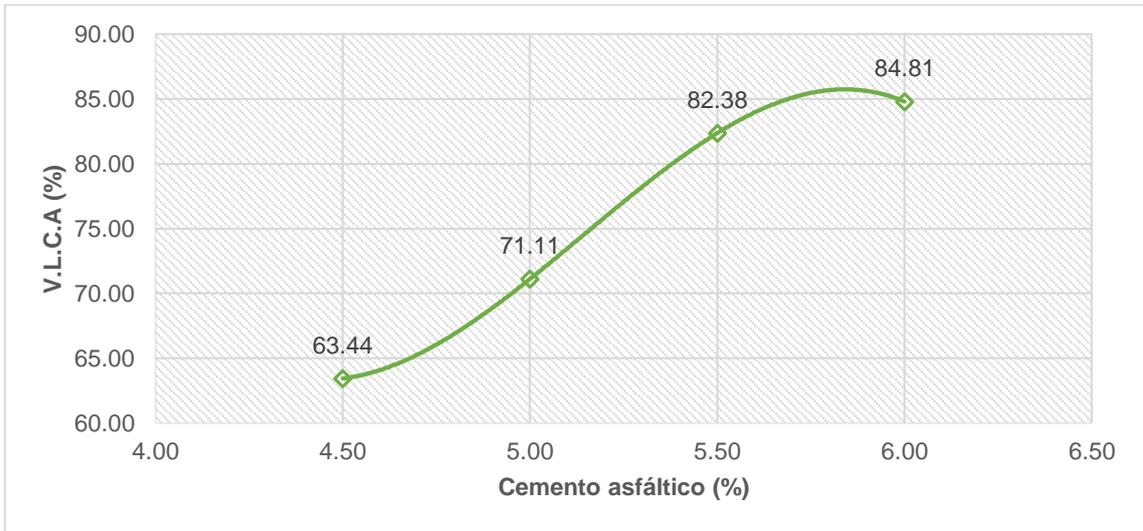


Figura 5.7. Relación de asfalto con VLCA de MAC con RAP 20 % + 4 % AR.

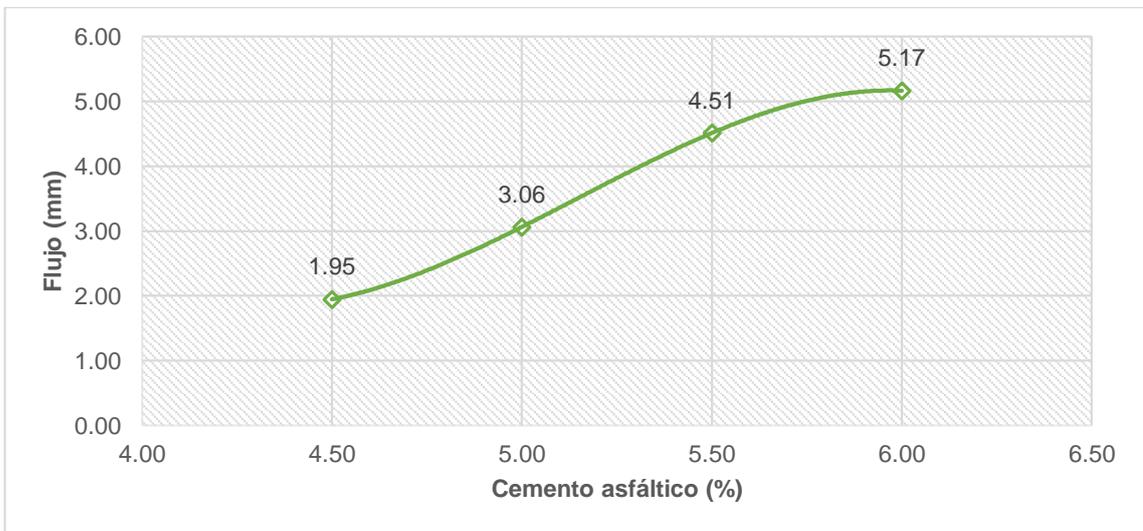


Figura 5.8. Relación de asfalto con flujo de MAC con RAP 20 % + 4 % AR.

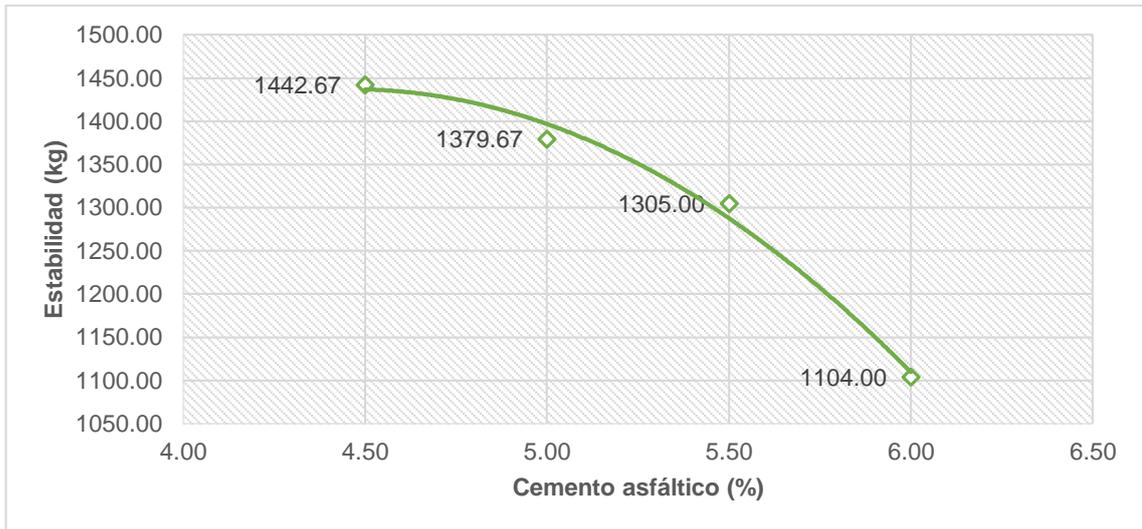


Figura 5.9. Relación de asfalto con estabilidad de MAC con RAP 20 % + 4 % AR.

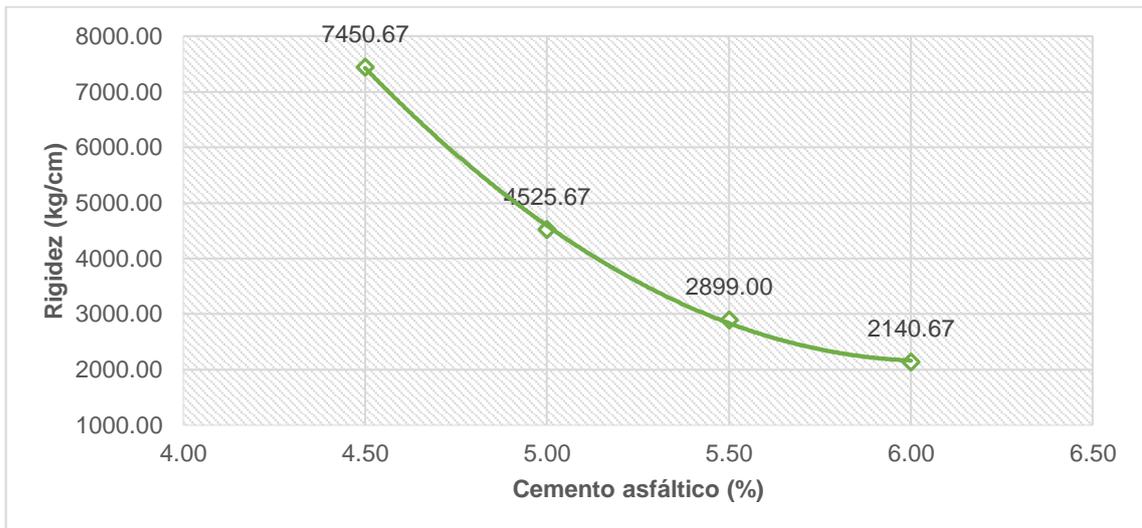


Figura 5.10. Relación de asfalto con rigidez de MAC con RAP 20 % + 4 % AR.

Realizada la evaluación con los resultados de estas propiedades, es que fue determinado un óptimo contenido de cemento asfáltico de 5.56 % para el MAC con un 20 % de RAP y un 4 % de AR.

### MAC con RAP 20 % + 5 % AR

Siguiendo la misma línea, fueron elaboradas muestras con distintos contenidos de cemento asfáltico obtenido mezclas asfálticas en caliente con 20 % de RAP y un 5 % de agente rejuvenecedor. Estos resultados se enseñan en la tabla a continuación.

Tabla 5.7. Resultados del Marshall de MAC con RAP 20 % + 5 % AR.

Cemento asfáltico (%)	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Vacíos (%)	Vacíos de material agregado	Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (kg)	Estabilidad/flujo (kg/cm)	Relación polvo - asfalto
4.50								
5.00								
5.50								
6.00								

			compactado (%)					
4.50	2.376	6.37	14.51	56.08	2.21	1382.00	6252.00	1.45
4.50	2.399	5.46	13.68	60.10	2.50	1328.00	5311.00	1.45
4.50	2.380	6.23	14.38	56.69	2.02	1326.00	6563.00	1.45
5.00	2.380	5.63	14.81	62.02	3.45	1189.00	3447.00	1.29
5.00	2.407	4.55	13.84	67.13	3.45	1263.00	3661.00	1.29
5.00	2.389	5.28	14.50	63.60	3.15	1220.00	3875.00	1.29
5.50	2.408	3.58	14.27	74.92	4.15	1148.00	2767.00	1.16
5.50	2.407	3.63	14.31	74.63	3.99	1121.00	2809.00	1.16
5.50	2.368	5.17	15.68	67.03	4.14	1136.00	2744.00	1.16
6.00	2.427	2.45	14.06	82.56	5.15	1170.00	2271.00	1.06
6.00	2.394	3.78	15.23	75.16	5.45	1133.00	2078.00	1.06
6.00	2.395	3.73	15.19	75.41	5.01	1119.00	2233.00	1.06

En base a estos resultados, fueron obtenidos los resúmenes con los promedios obtenidos por cada propiedad con los diferentes porcentajes del cemento asfáltico, tal como se muestra en la Tabla 5.8.

Tabla 5.8. Resumen del Marshall de MAC con RAP 20 % + 5 % AR.

Propiedades	Cemento asfáltico (%)			
	4.50	5.00	5.50	6.00
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.39	2.39	2.39	2.41
Vacíos (%)	6.02	5.15	4.13	3.32
Vacíos de material agregado compactado (%)	14.19	14.38	14.75	14.83
Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)	57.62	64.25	72.19	77.71
Flujo (mm)	2.24	3.35	4.09	5.20
Estabilidad (kg)	1345.33	1224.00	1135.00	1140.67
Estabilidad/flujo (kg/cm)	6042.00	3661.00	2773.33	2194.00
Relación polvo - asfalto	1.45	1.29	1.16	1.06

De igual manera que con la MAC anterior, también fueron realizados los gráficos de las principales propiedades evaluadas a fin de establecer un porcentaje de cemento asfáltico óptimo. Todo ello se muestra en la Figura 5.11, Figura 5.12, Figura 5.13, Figura 5.14, Figura 5.15 y Figura 5.16.

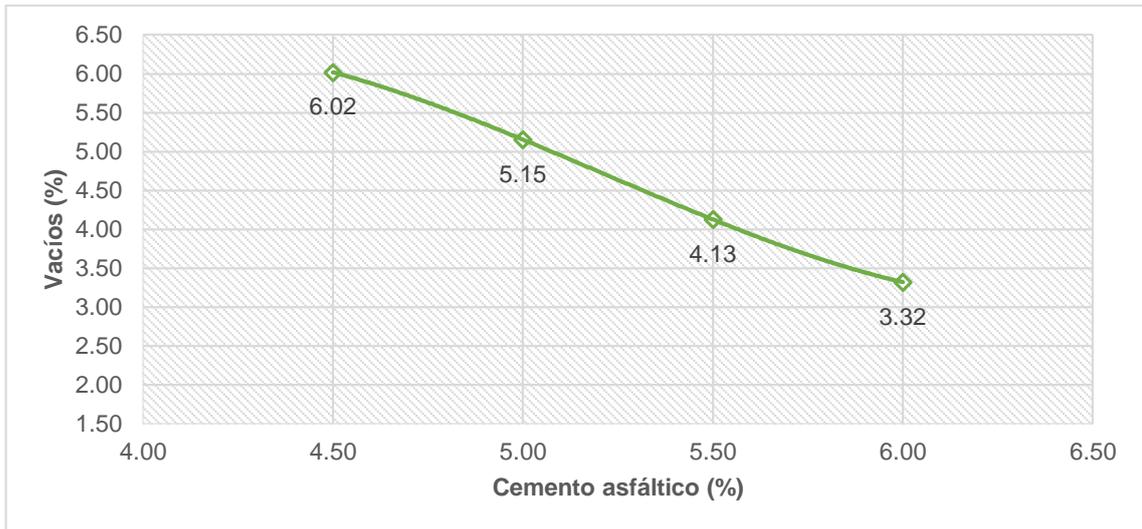


Figura 5.11. Relación de asfalto con vacíos de MAC con RAP 20 % + 5 % AR.

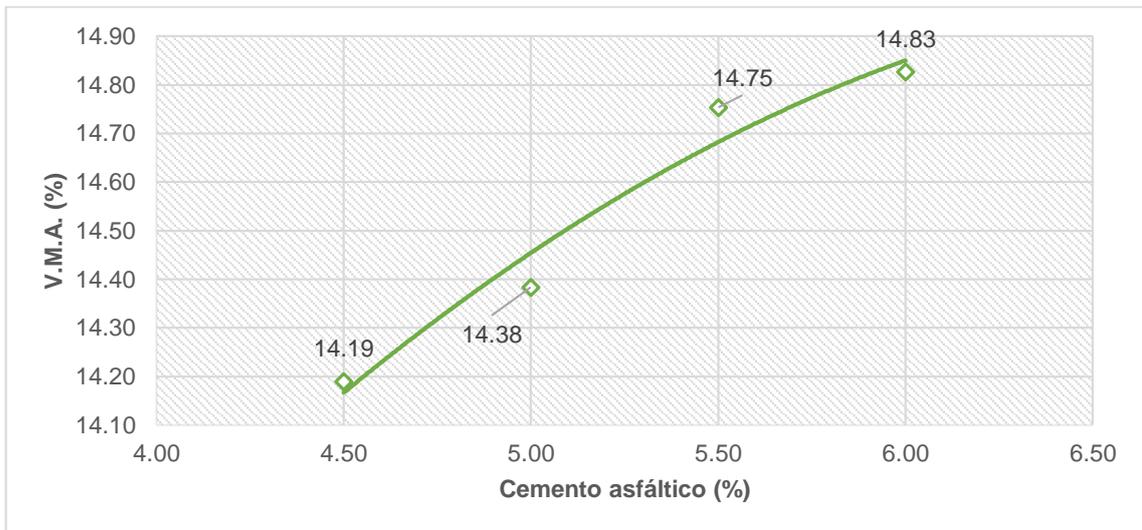


Figura 5.12. Relación de asfalto con VMA de MAC con RAP 20 % + 5 % AR.

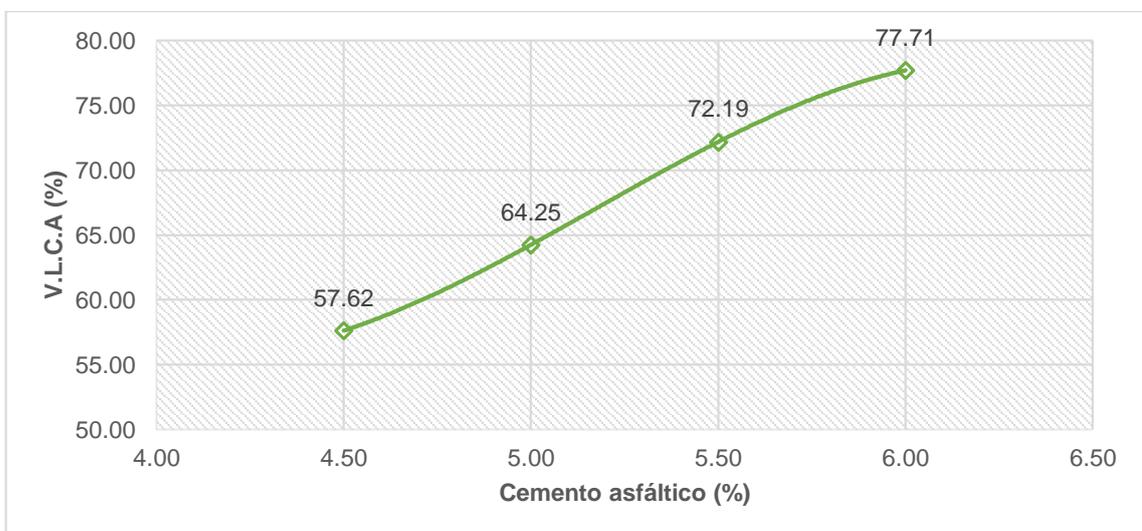


Figura 5.13. Relación de asfalto con VLCA de MAC con RAP 20 % + 5 % AR.

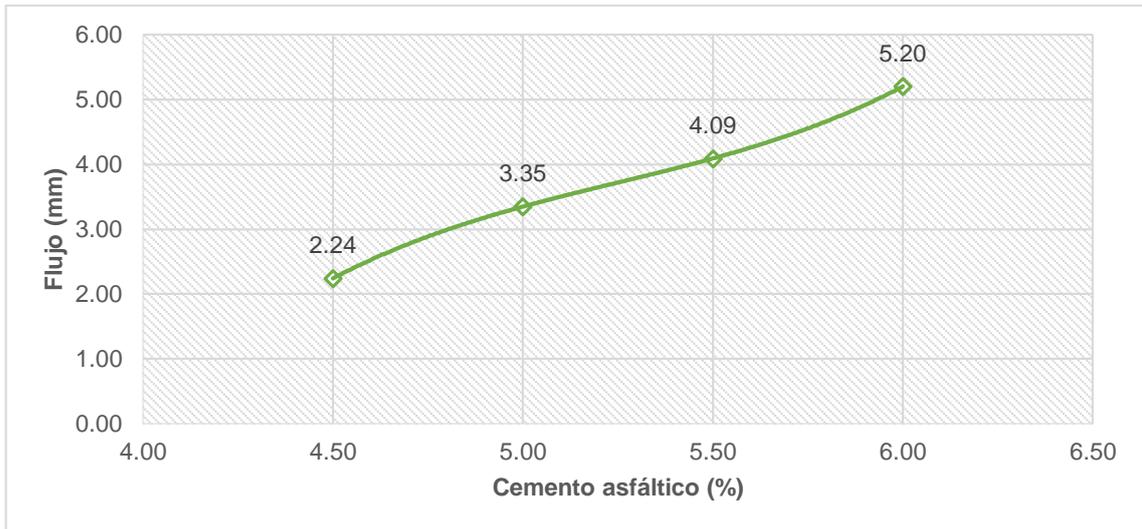


Figura 5.14. Relación de asfalto con Flujo de MAC con RAP 20 % + 5 % AR.

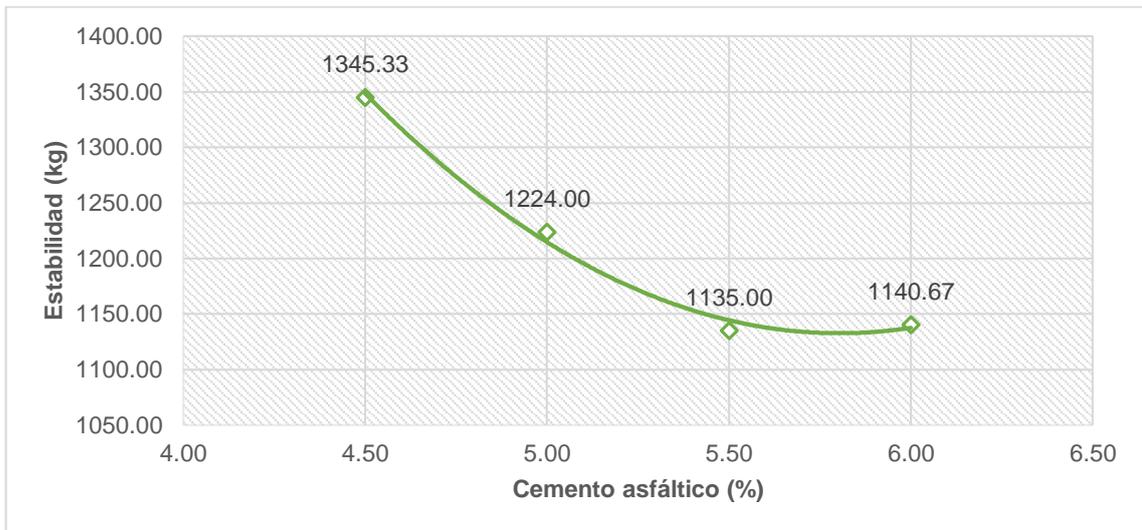


Figura 5.15. Relación de asfalto con estabilidad de MAC con RAP 20 % + 5 % AR.

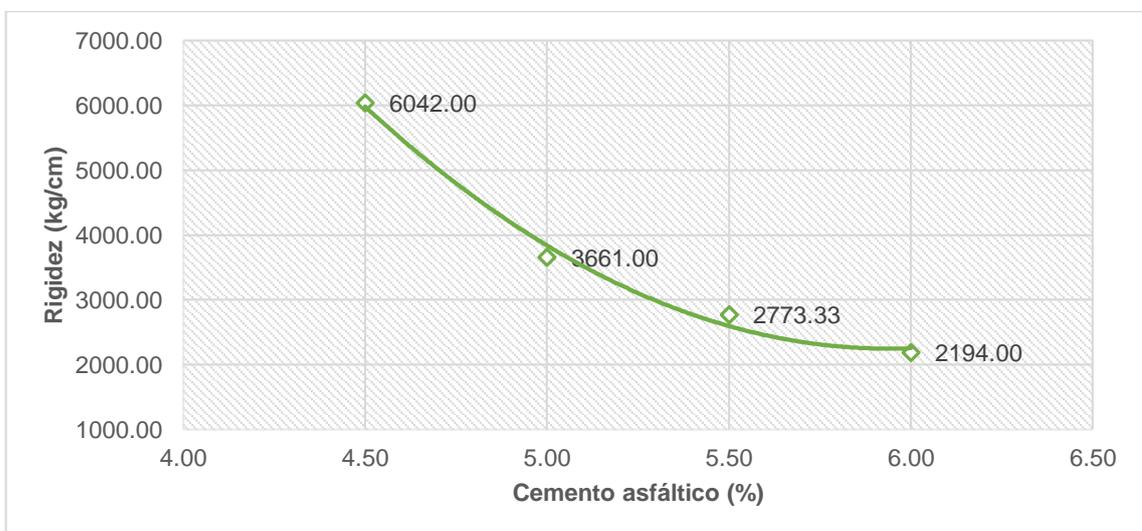


Figura 5.16. Relación de asfalto con rigidez de MAC con RAP 20 % + 5 % AR.

Finalmente, con los resultados y las comparaciones realizadas fue obtenido un óptimo contenido de asfalto del 5.27 % para esta mezcla.

### MAC con RAP 20 % + 6 % AR

También fueron desarrollados ensayos para la determinación de las propiedades de distintas muestras de MAC con 20 % de RAP y un 6 % de AR, con porcentajes de asfalto de igual manera de 4.5, 5.0, 5.5 y 6.0 %, estos resultados son mostrados en la Tabla 5.9.

Tabla 5.9. Resultados del Marshall de MAC con RAP 20 % + 6 % AR.

Cemento asfáltico (%)	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Vacíos (%)	Vacíos de material agregado compactado (%)	Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (kg)	Estabilidad/flujo (kg/cm)	Relación polvo - asfalto
4.50	2.371	6.55	14.67	55.38	2.21	1383.00	6256.00	1.45
4.50	2.390	5.81	13.99	58.52	2.50	1348.00	5390.00	1.45
4.50	2.380	6.23	14.38	56.69	2.02	1394.00	6901.00	1.45
5.00	2.380	5.63	14.81	62.02	3.45	1312.00	3804.00	1.29
5.00	2.389	5.25	14.48	63.72	3.45	1263.00	3661.00	1.29
5.00	2.389	5.28	14.50	63.60	3.15	1279.00	4061.00	1.29
5.50	2.393	4.17	14.80	71.80	4.15	1114.00	2685.00	1.16
5.50	2.401	3.86	14.51	73.43	3.99	1032.00	2586.00	1.16
5.50	2.376	4.87	15.42	68.41	4.14	1064.00	2570.00	1.16
6.00	2.427	2.45	14.06	82.56	5.15	1044.00	2028.00	1.06
6.00	2.394	3.78	15.23	75.16	5.45	990.00	1816.00	1.06
6.00	2.395	3.73	15.19	75.41	5.01	1118.00	2231.00	1.06

A partir de estos resultados, fue obtenida la Tabla 5.10, que resume estos resultados con los promedios obtenidos para las propiedades del asfalto requeridas por el método Marshall como lo son el peso específico, vacíos, flujo, estabilidad y sus derivados.

Tabla 5.10. Resumen del Marshall de MAC con RAP 20 % + 6 % AR.

Propiedades	Cemento asfáltico (%)			
	4.50	5.00	5.50	6.00
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.38	2.39	2.39	2.41
Vacíos (%)	6.20	5.39	4.30	3.32
Vacíos de material agregado compactado (%)	14.35	14.60	14.91	14.83
Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)	56.86	63.11	71.21	77.71
Flujo (mm)	2.24	3.35	4.09	5.20
Estabilidad (kg)	1375.00	1284.67	1070.00	1050.67
Estabilidad/flujo (kg/cm)	6182.33	3842.00	2613.67	2025.00
Relación polvo - asfalto	1.45	1.29	1.16	1.06

Por último, se adjuntan las representaciones gráficas de las relaciones entre la cantidad de cemento asfáltica y las seis principales propiedades evaluadas para la determinación del óptimo contenido de asfalto.

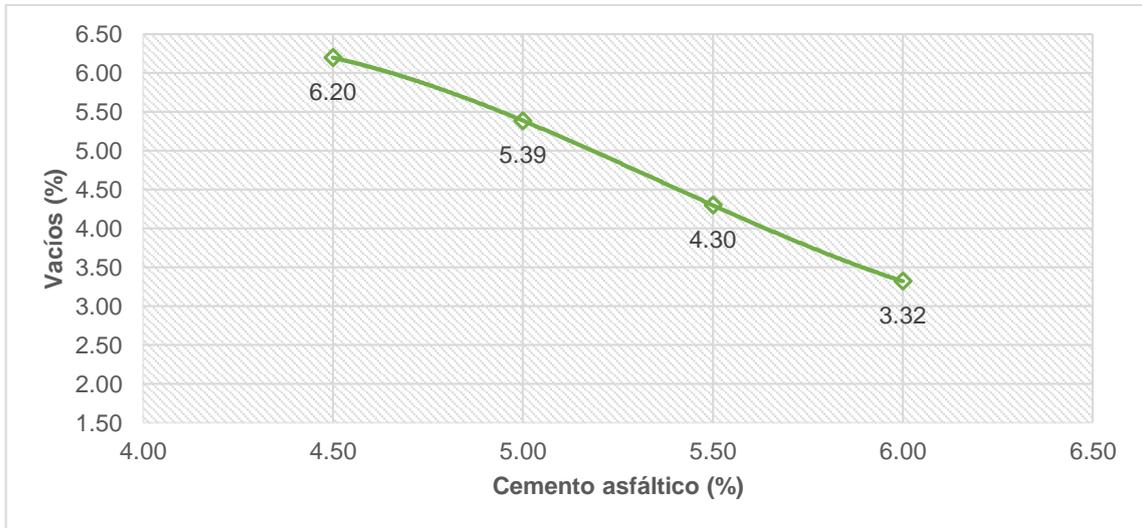


Figura 5.17. Relación de asfalto con vacíos de MAC con RAP 20 % + 6 % AR.

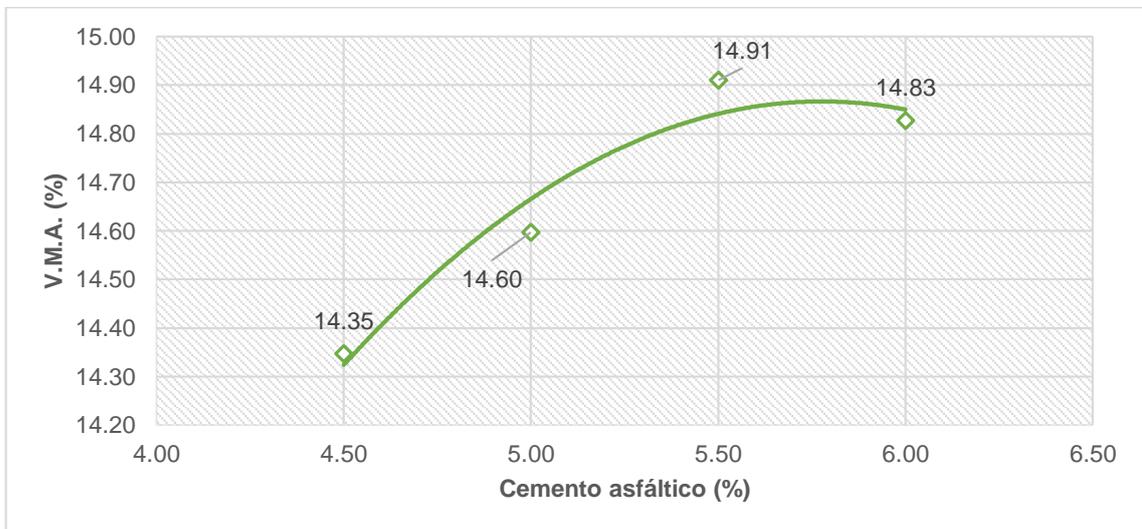


Figura 5.18. Relación de asfalto con VMA de MAC con RAP 20 % + 6 % AR.

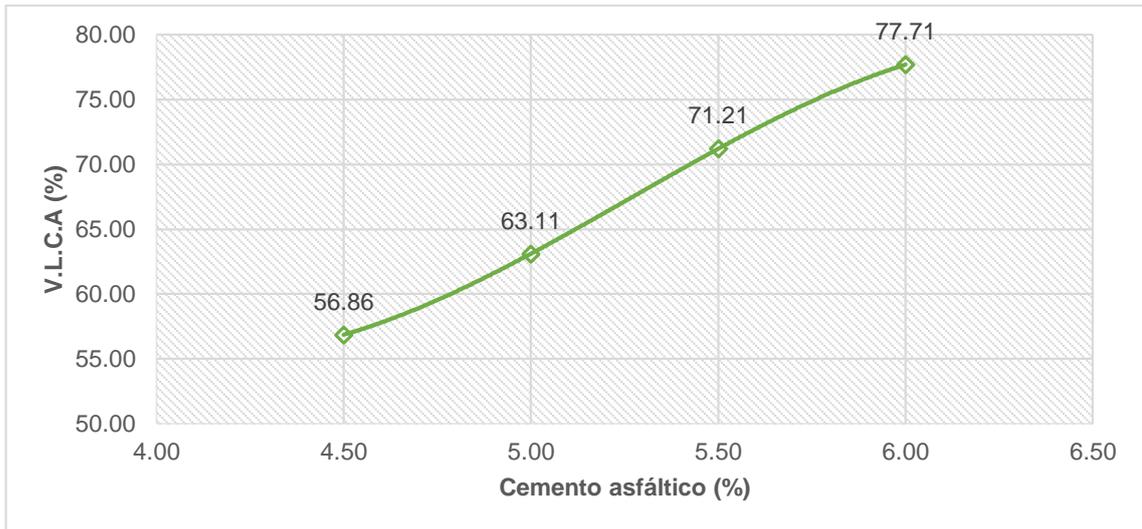


Figura 5.19. Relación de asfalto con VLCA de MAC con RAP 20 % + 6 % AR.

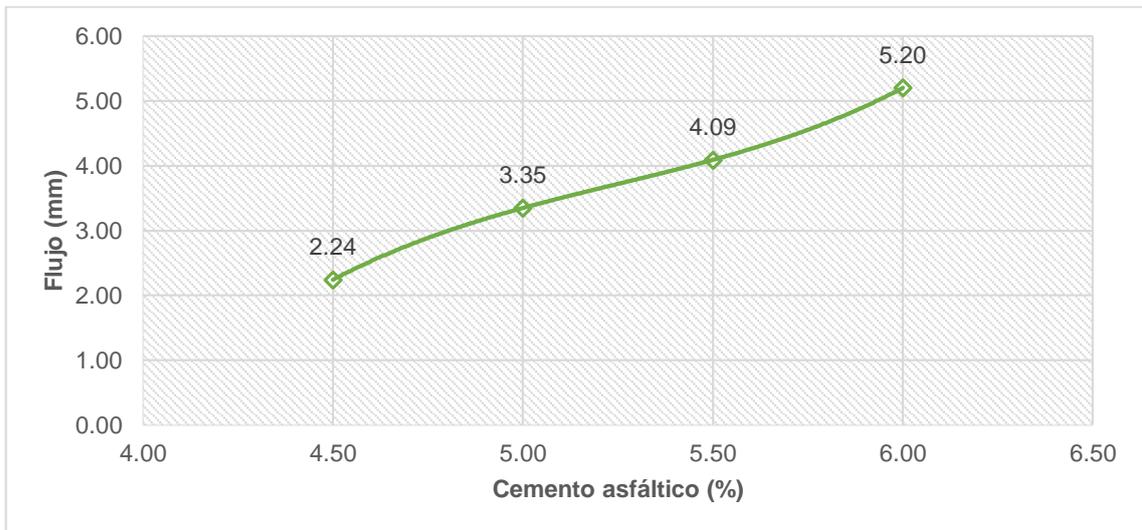


Figura 5.20. Relación de asfalto con flujo de MAC con RAP 20 % + 6 % AR.

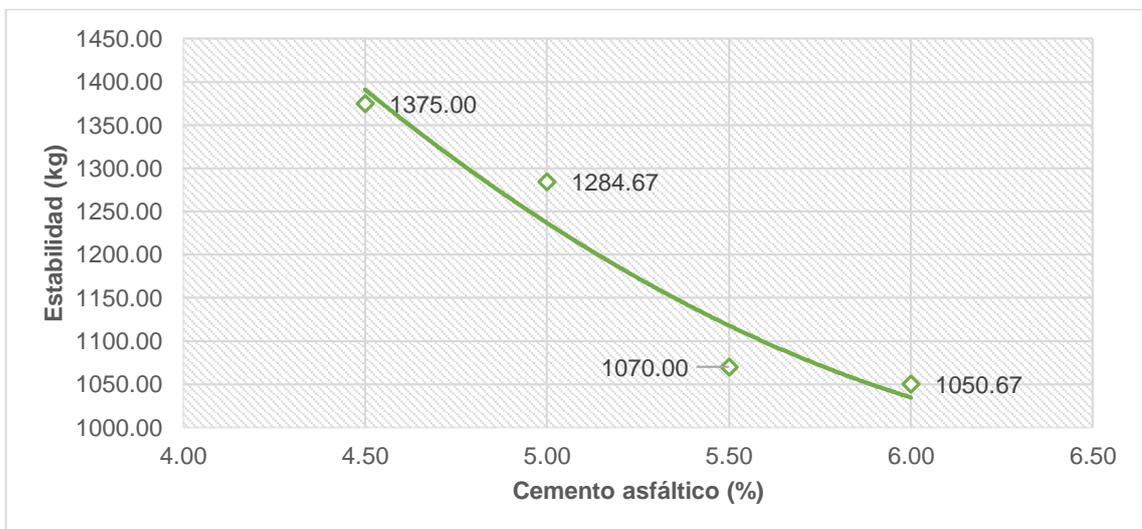


Figura 5.21. Relación de asfalto con estabilidad de MAC con RAP 20 % + 6 % AR.

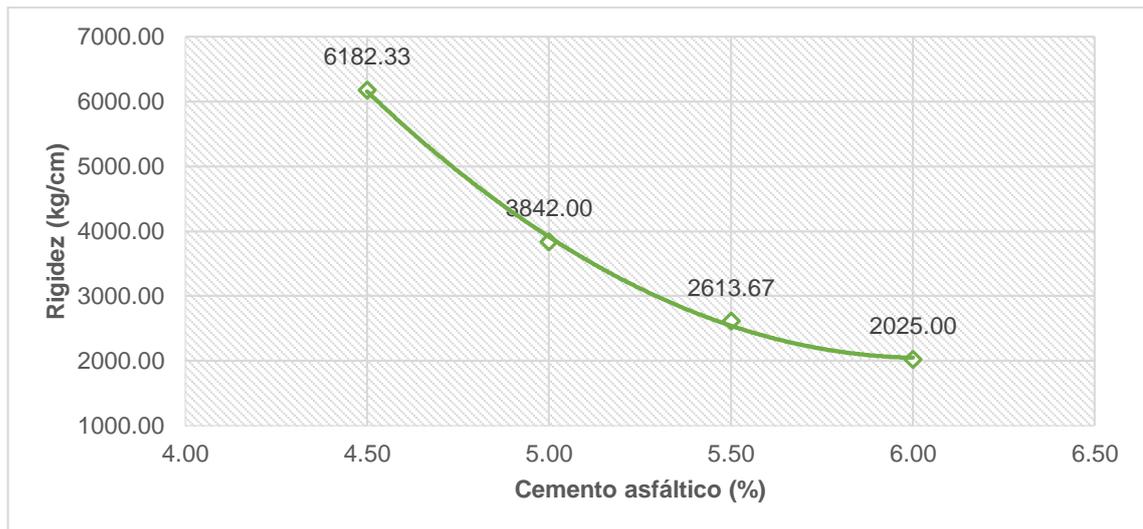


Figura 5.22. Relación de asfalto con rigidez de MAC con RAP 20 % + 6 % AR.

Al revisar cada figura y tabla, el contenido óptimo de cemento asfáltico para este caso es de 5.25 %.

#### MAC con RAP 25 % + 4 % AR

Siguiendo con los análisis, también se elaboraron diversas muestras con un 25 % de RAP y un 4 % de AR con los varios contenidos de cemento asfáltico utilizados en esta investigación para determinar el óptimo contenido de este material. En ese sentido en la Tabla 5.11 se adjuntan los resultados de los ensayos realizados sobre cada una de estas muestras.

Tabla 5.11. Resultados del Marshall de MAC con RAP 25 % + 4 % AR.

Cemento asfáltico (%)	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Vacíos (%)	Vacíos de material agregado compactado (%)	Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (kg)	Estabilidad/flujo (kg/cm)	Relación polvo - asfalto
4.50	2.318	4.10	16.58	75.26	1.99	1130.00	5678.00	1.45
4.50	2.268	6.18	18.39	66.40	2.30	1191.00	5178.00	1.45
4.50	2.250	6.94	19.05	63.59	2.04	1201.00	5887.00	1.45
5.00	2.280	5.58	18.38	69.63	2.87	1193.00	4156.00	1.29
5.00	2.287	5.30	18.14	70.80	2.75	1175.00	4271.00	1.29
5.00	2.278	5.67	18.46	69.28	2.80	1185.00	4233.00	1.29
5.50	2.285	4.79	18.65	74.31	3.99	1111.00	2784.00	1.16
5.50	2.280	4.99	18.82	73.47	4.01	1074.00	2678.00	1.16
5.50	2.288	4.66	18.54	74.86	3.95	1083.00	2741.00	1.16
6.00	2.292	3.64	18.83	80.67	5.11	991.00	1940.00	1.06
6.00	2.289	3.76	18.93	80.15	4.99	1004.00	2011.00	1.06
6.00	2.292	3.64	18.83	80.69	4.83	1008.00	2088.00	1.06

En la Tabla 5.12, se encuentra el resumen de los resultados, teniendo los valores correspondientes a cada propiedad según la cantidad de cemento asfáltico utilizado que va de 4.5 % a 6.0 %.

Tabla 5.12. Resumen del Marshall de MAC con RAP 25 % + 4 % AR.

Propiedades	Cemento asfáltico (%)			
	4.50	5.00	5.50	6.00
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.28	2.28	2.28	2.29
Vacíos (%)	5.74	5.52	4.81	3.68
Vacíos de material agregado compactado (%)	18.01	18.33	18.67	18.86
Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)	68.42	69.90	74.21	80.50
Flujo (mm)	2.11	2.81	3.98	4.98
Estabilidad (kg)	1174.00	1184.33	1089.33	1001.00
Estabilidad/flujo (kg/cm)	5581.00	4220.00	2734.33	2013.00
Relación polvo - asfalto	1.45	1.29	1.16	1.06

En ese sentido, también se adjuntan los gráficos de la relación del cemento asfáltico con los vacíos en la Figura 5.23, con los vacíos de material agregado compactado en la Figura 5.24, vacíos llenos de cemento asfáltico en la Figura 5.25, flujo en la Figura 5.26, estabilidad en la Figura 5.27 y rigidez en la Figura 5.28.

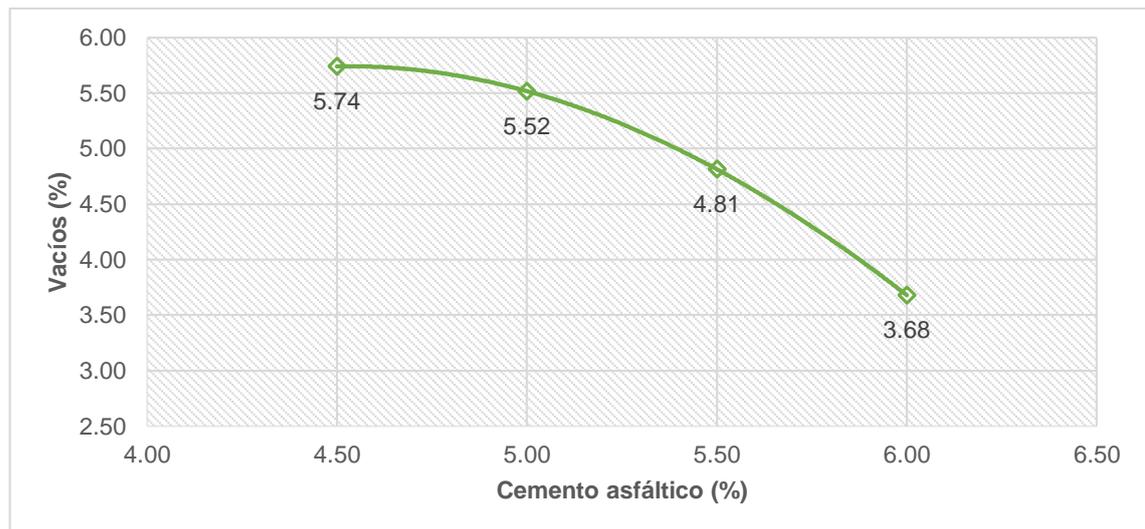


Figura 5.23. Relación de asfalto con vacíos de MAC con RAP 25 % + 4 % AR.

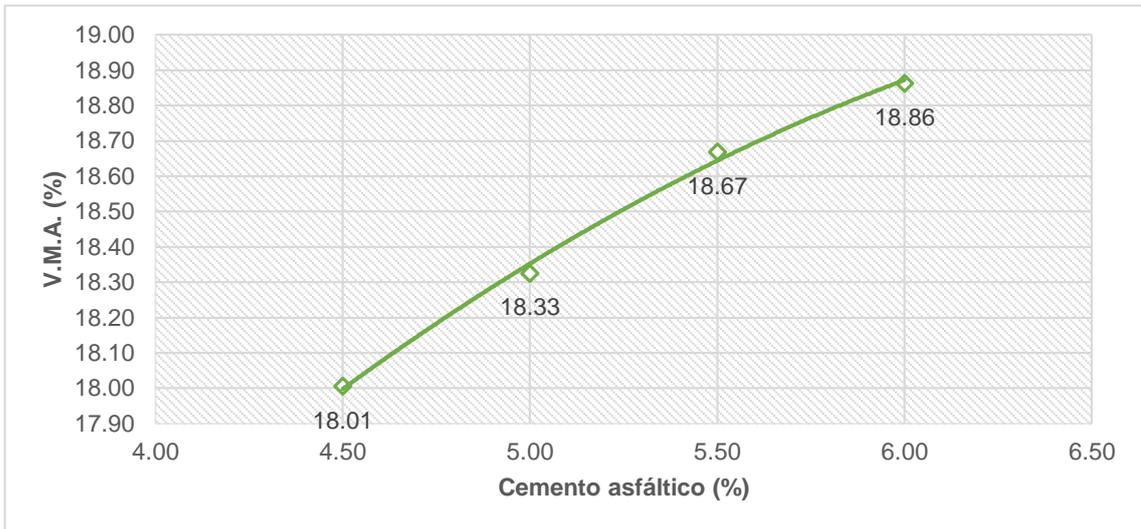


Figura 5.24. Relación de asfalto con VMA de MAC con RAP 25 % + 4 % AR.

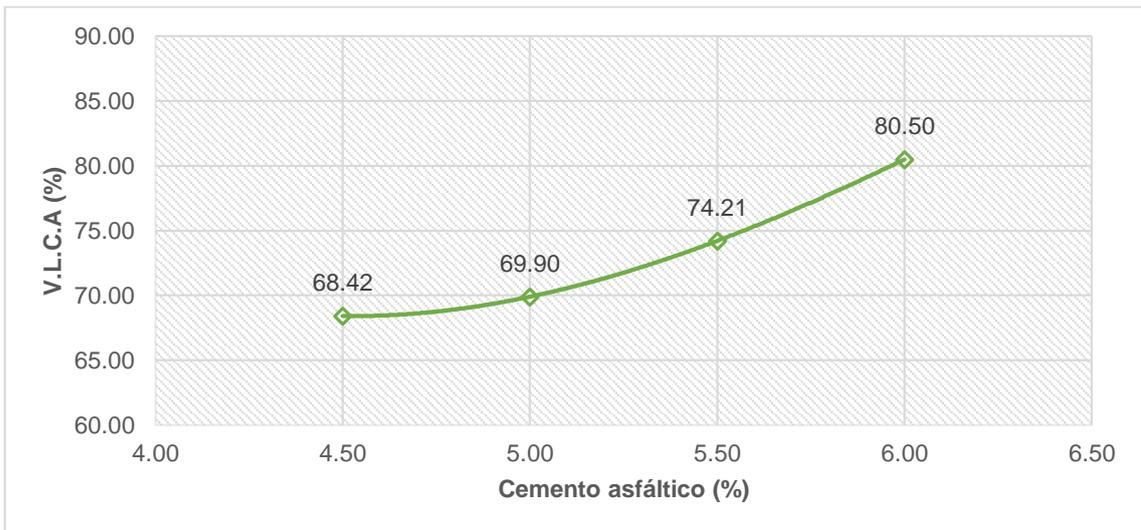


Figura 5.25. Relación de asfalto con VLCA de MAC con RAP 25 % + 4 % AR.

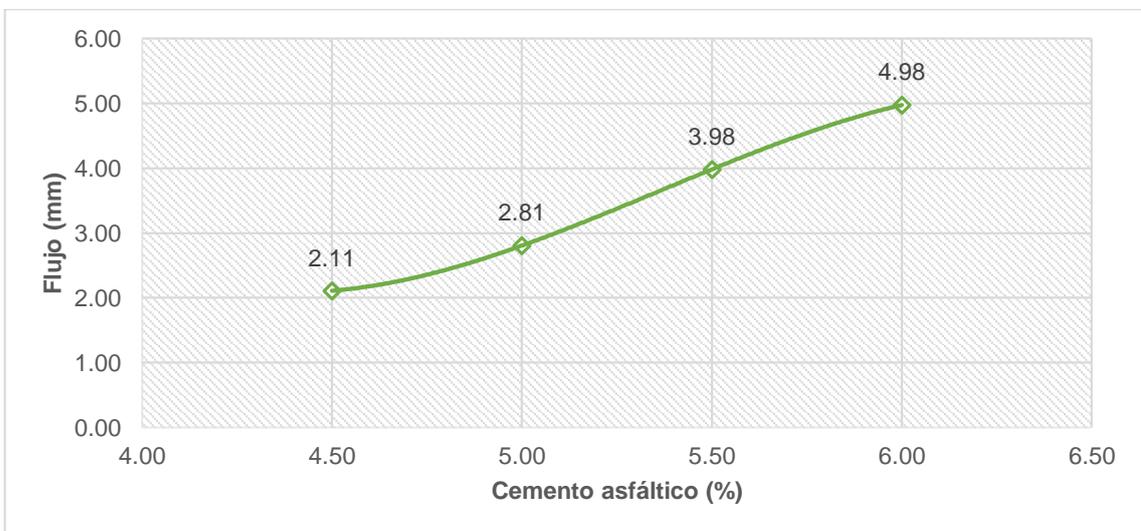


Figura 5.26. Relación de asfalto con flujo de MAC con RAP 25 % + 4 % AR.

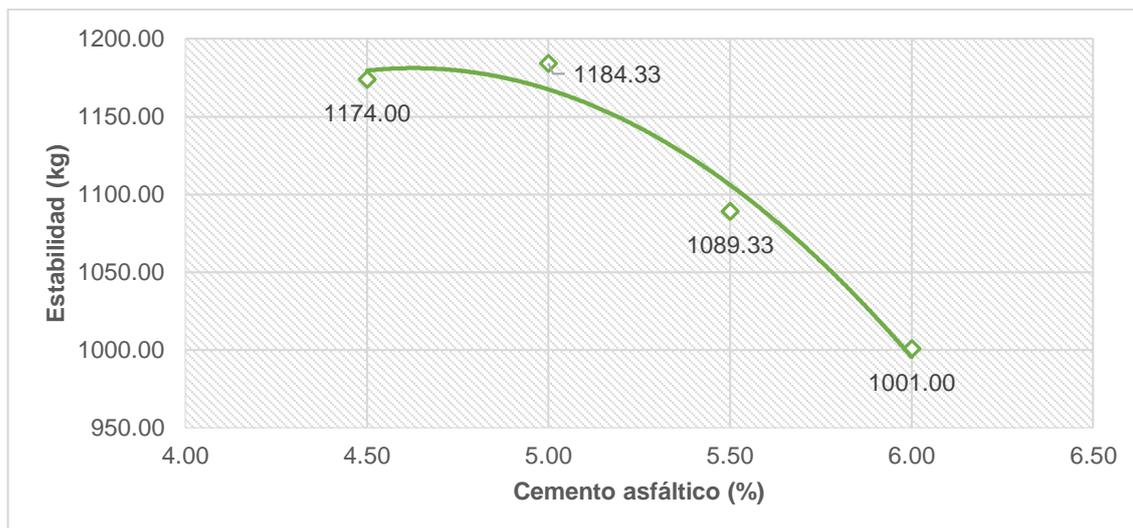


Figura 5.27. Relación de asfalto con estabilidad de MAC con RAP 25 % + 4 % AR.

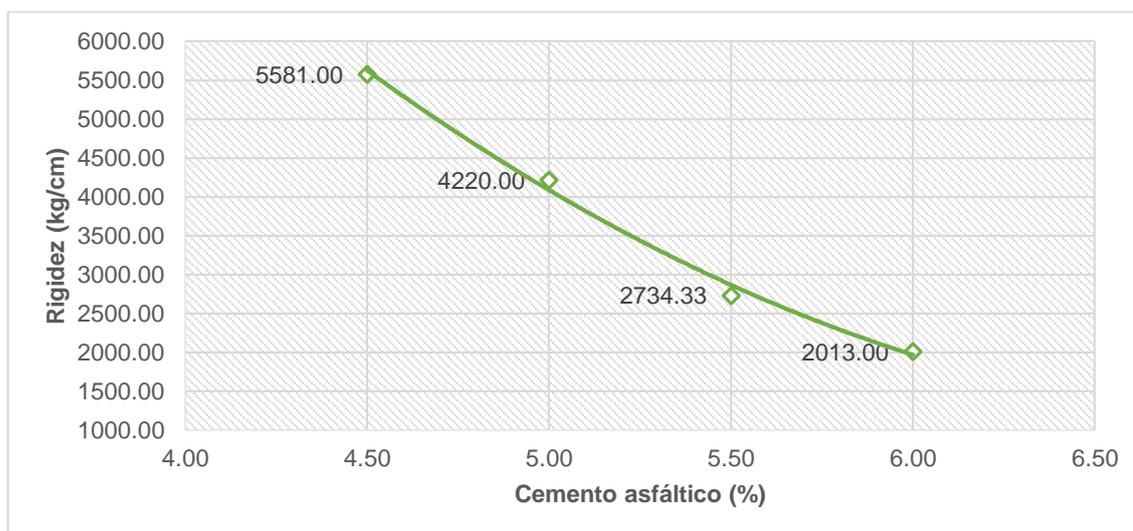


Figura 5.28. Relación de asfalto con rigidez de MAC con RAP 25 % + 4 % AR.

Para esta MAC con 25 % de RAP y 4 % de AR el óptimo contenido de asfalto resultó en 5.37 %.

### MAC con RAP 25 % + 5 % AR

En la Tabla 5.13, se encuentran adjuntos los resultados del ensayo Marshall desarrollado en las muestras de mezclas asfálticas en caliente con un 25 % de pavimento asfáltico reciclado y un 5 % de agente rejuvenecedor.

Tabla 5.13. Resultados del Marshall de MAC con RAP 25 % + 5 % AR.

Cemento asfáltico (%)	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Vacíos (%)	Vacíos de material agregado compactado (%)	Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (kg)	Estabilidad/flujo (kg/cm)	Relación polvo - asfalto
4.50	2.312	4.32	16.80	74.28	2.13	1392.00	6536.00	1.45
4.50	2.297	4.94	17.34	71.50	1.94	1462.00	7538.00	1.45
4.50	2.291	5.20	17.56	70.41	1.97	1474.00	7481.00	1.45

5.00	2.299	4.34	17.72	75.53	2.90	1388.00	4787.00	1.29
5.00	2.302	4.22	17.62	76.06	2.87	1339.00	4666.00	1.29
5.00	2.297	4.42	17.79	75.17	2.81	1355.00	4823.00	1.29
5.50	2.289	3.86	18.51	79.15	4.19	1326.00	3166.00	1.16
5.50	2.284	4.06	18.69	78.26	4.01	1287.00	3210.00	1.16
5.50	2.292	3.73	18.40	79.74	3.89	1322.00	3397.00	1.16
6.00	2.296	3.16	18.70	83.09	5.12	1182.00	2308.00	1.06
6.00	2.293	3.28	18.80	82.54	4.98	1220.00	2449.00	1.06
6.00	2.296	3.16	18.70	83.10	4.78	1204.00	2519.00	1.06

En ese sentido se tiene la Tabla 5.14, con los promedios obtenidos para cada parámetro evaluado al utilizar cantidades de cemento asfáltico de 4.5, 5.05, 5.5 y 6.0 % de asfalto, los cuales fueron necesarios para hallar el contenido óptimo de asfalto a usar.

Tabla 5.14. Resumen del Marshall de MAC con RAP 25 % + 5 % AR.

Propiedades	Cemento asfáltico (%)			
	4.50	5.00	5.50	6.00
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.30	2.30	2.29	2.30
Vacíos (%)	4.82	4.33	3.88	3.20
Vacíos de material agregado compactado (%)	17.23	17.71	18.53	18.73
Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)	72.06	75.59	79.05	82.91
Flujo (mm)	2.01	2.86	4.03	4.96
Estabilidad (kg)	1442.67	1360.67	1311.67	1202.00
Estabilidad/flujo (kg/cm)	7185.00	4758.67	3257.67	2425.33
Relación polvo - asfalto	1.45	1.29	1.16	1.06

A partir de esta tabla, se desarrollaron los gráficos mostrados desde la Figura 5.29 a la Figura 5.34 para las seis principales propiedades analizadas en las MAC de la presenta investigación.

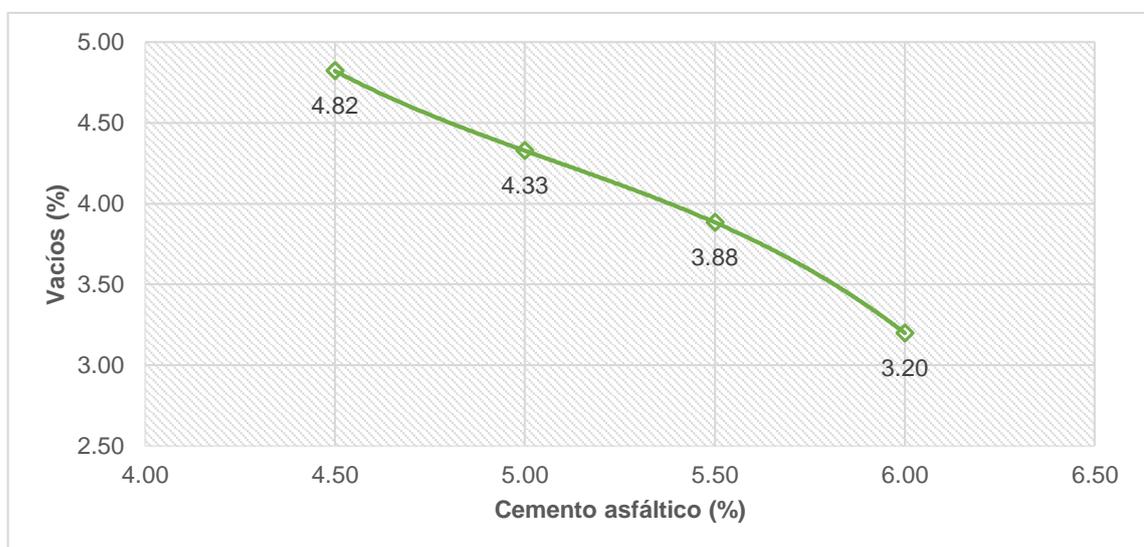


Figura 5.29. Relación de asfalto con vacíos de MAC con RAP 25 % + 5 % AR.

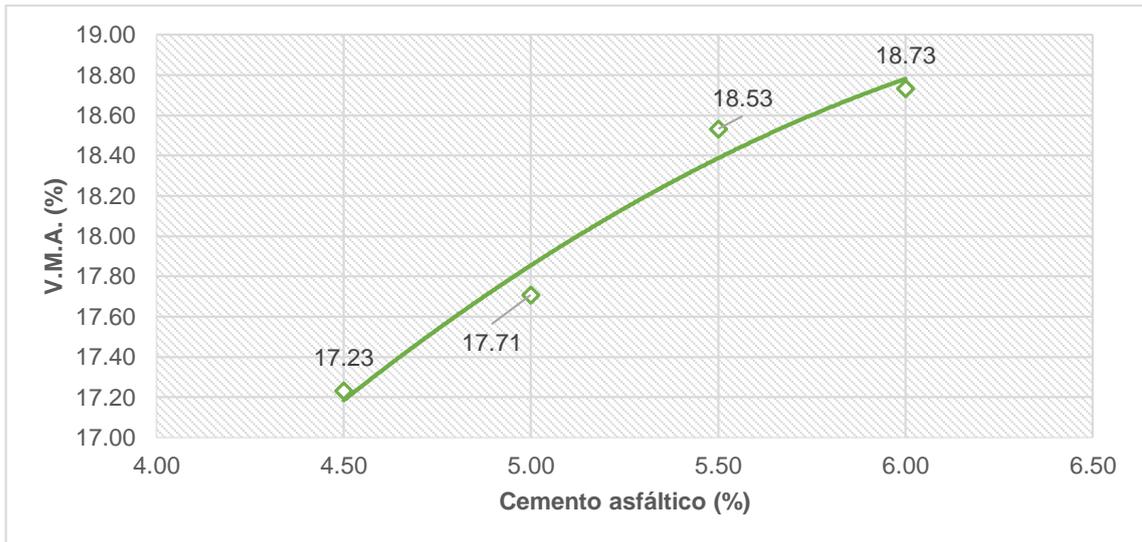


Figura 5.30. Relación de asfalto con VMA de MAC con RAP 25 % + 5 % AR.

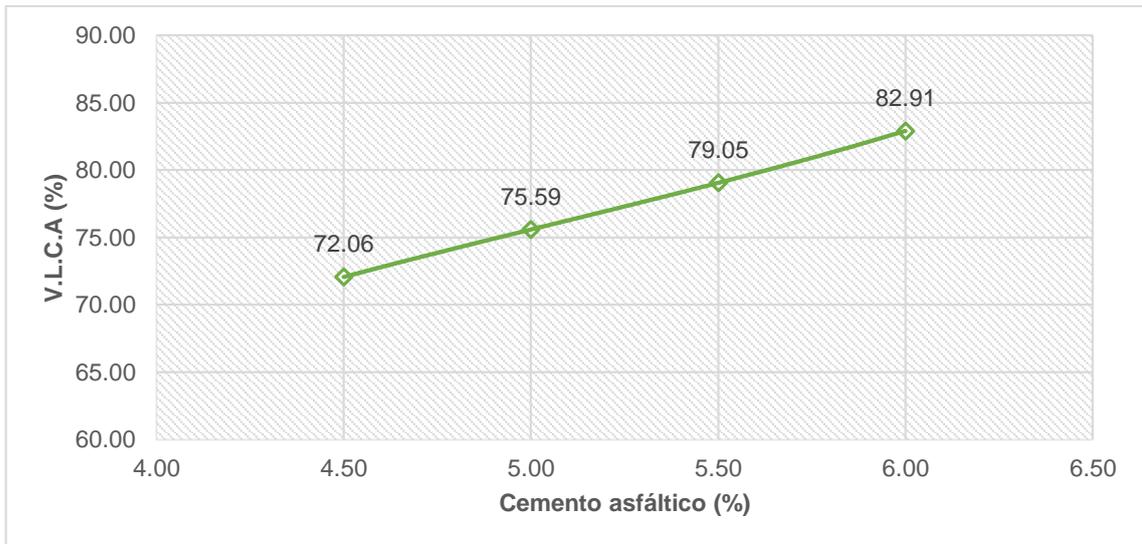


Figura 5.31. Relación de asfalto con VLCA de MAC con RAP 25 % + 5 % AR.

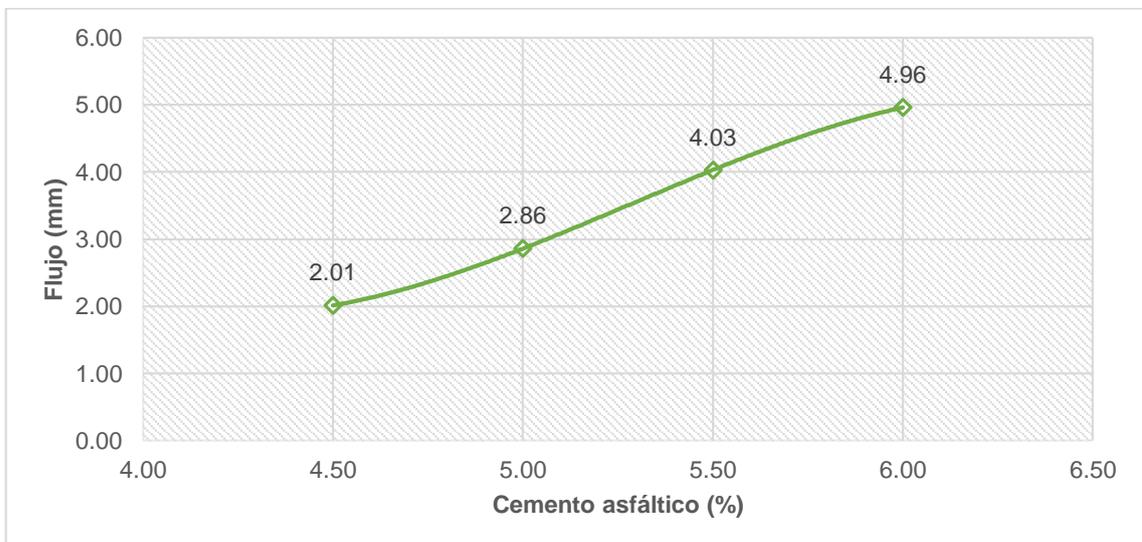


Figura 5.32. Relación de asfalto con flujo de MAC con RAP 25 % + 5 % AR.

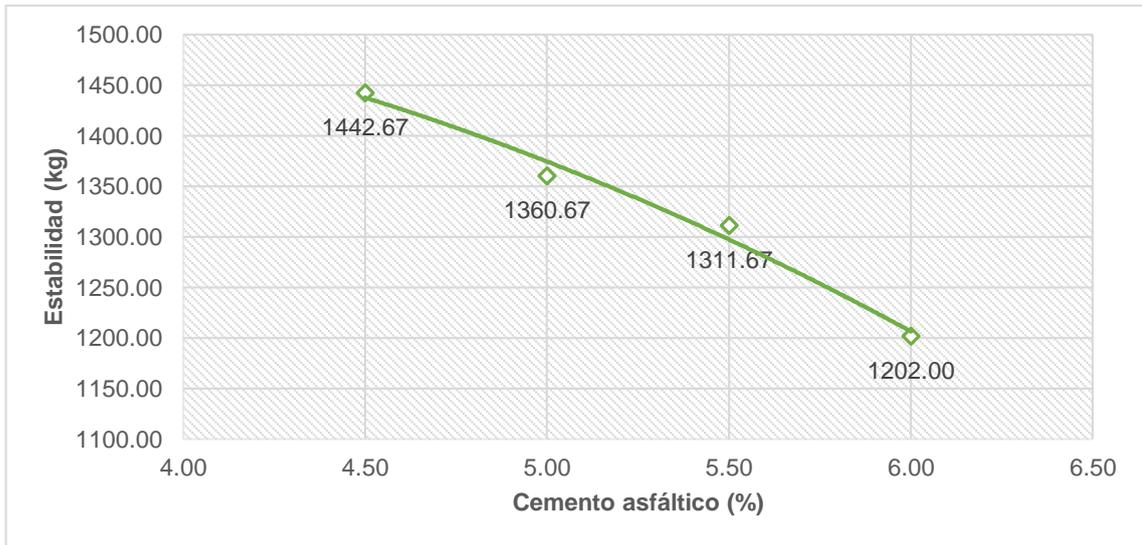


Figura 5.33. Relación de asfalto con estabilidad de MAC con RAP 25 % + 5 % AR.

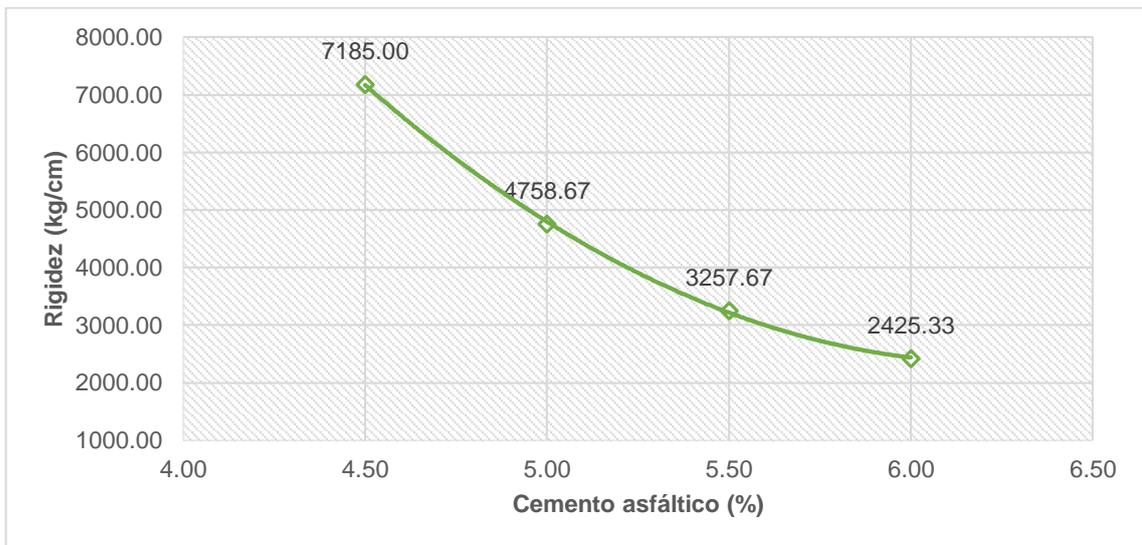


Figura 5.34. Relación de asfalto con rigidez de MAC con RAP 25 % + 5 % AR.

Con estos resultados, el óptimo contenido de cemento asfáltico resultante para la mezcla asfáltica en caliente con un 25 % de pavimento asfáltico reciclado y un 5 % de agente rejuvenecedor es de 5.27 %.

#### **MAC con RAP 25 % + 6 % AR**

La última de las combinaciones con 25 % de RAP fue realizada añadiendo a la mezcla un 6 % del agente rejuvenecedor, de este modo, la Tabla 5.15 muestra los resultados de la prueba Marshall sobre las propiedades evaluadas en el desarrollo de la presente investigación, las cuales comprenden el peso específico, el porcentaje de vacíos, vacíos de material agregado compactado, vacíos llenos de cemento asfáltico, flujo, estabilidad y la relación estabilidad/flujo.

Tabla 5.15. Resultados del Marshall de MAC con RAP 25 % + 6 % AR.

Cemento asfáltico (%)	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Vacíos (%)	Vacíos de material agregado compactado (%)	Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (kg)	Estabilidad/flujo (kg/cm)	Relación polvo - asfalto
4.50	2.292	5.16	17.53	70.55	2.54	1127.00	4439.00	1.45
4.50	2.293	5.14	17.51	70.65	2.41	1177.00	4884.00	1.45
4.50	2.291	5.20	17.56	70.41	1.97	1155.00	5861.00	1.45
5.00	2.300	4.28	17.67	75.77	3.21	1174.00	3656.00	1.29
5.00	2.283	4.99	18.28	72.72	3.02	1146.00	3793.00	1.29
5.00	2.260	5.96	19.11	68.82	3.11	1202.00	3864.00	1.29
5.50	2.290	3.79	18.46	79.45	4.15	1073.00	2585.00	1.16
5.50	2.277	4.35	18.93	77.00	3.99	1091.00	2735.00	1.16
5.50	2.293	3.66	18.35	80.04	4.21	1080.00	2566.00	1.16
6.00	2.292	3.32	18.83	82.36	5.15	989.00	1920.00	1.06
6.00	2.289	3.44	18.93	81.83	5.00	1036.00	2072.00	1.06
6.00	2.311	2.49	18.13	86.28	4.97	1009.00	2031.00	1.06

La Tabla 5.16, adjunta el resumen de estos resultados comprendiendo los porcentajes de cemento asfáltico utilizados en la mezcla, siendo de igual manera los de 4.5 a 6.0 %.

Tabla 5.16. Resumen del Marshall de MAC con RAP 25 % + 6 % AR.

Propiedades	Cemento asfáltico (%)			
	4.50	5.00	5.50	6.00
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.29	2.28	2.29	2.30
Vacíos (%)	5.17	5.08	3.93	3.08
Vacíos de material agregado compactado (%)	17.53	18.35	18.58	18.63
Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)	70.54	72.44	78.83	83.49
Flujo (mm)	2.31	3.11	4.12	5.04
Estabilidad (kg)	1153.00	1174.00	1081.33	1011.33
Estabilidad/flujo (kg/cm)	5061.33	3771.00	2628.67	2007.67
Relación polvo - asfalto	1.45	1.29	1.16	1.06

Para hallar el contenido óptimo de cemento asfáltico fueron realizados los gráficos mostrados en la Figura 5.35, Figura 5.36, Figura 5.37, Figura 5.38, Figura 5.39 y Figura 5.40.

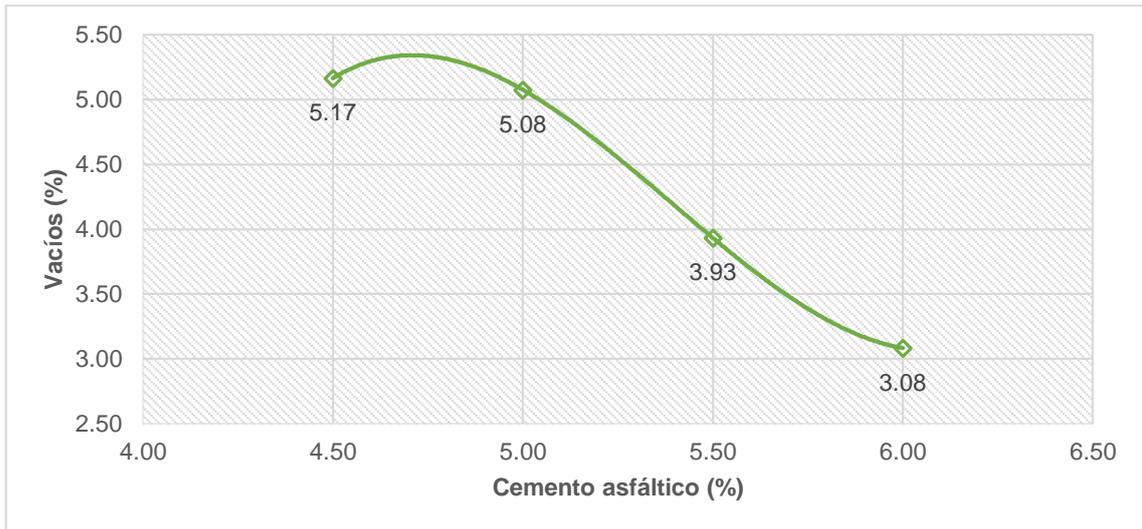


Figura 5.35. Relación de asfalto con vacíos de MAC con RAP 25 % + 6 % AR.

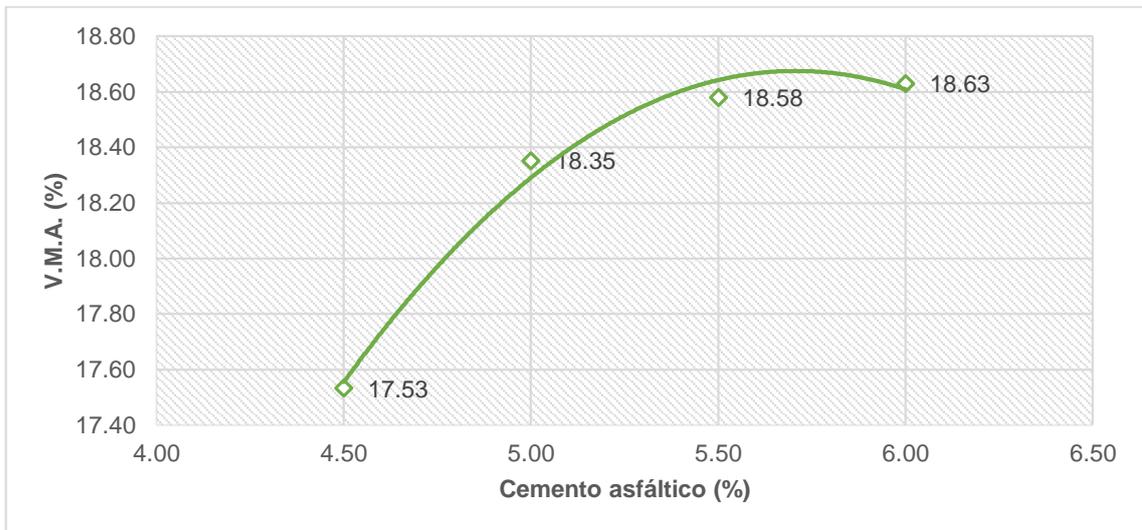


Figura 5.36. Relación de asfalto con VMA de MAC con RAP 25 % + 6 % AR.

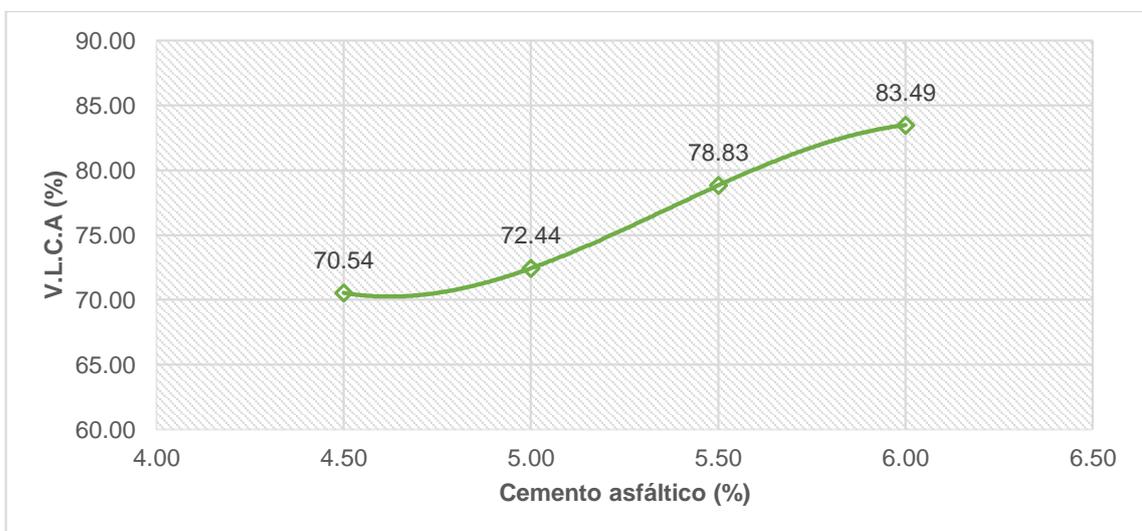


Figura 5.37. Relación de asfalto con VLCA de MAC con RAP 25 % + 6 % AR.

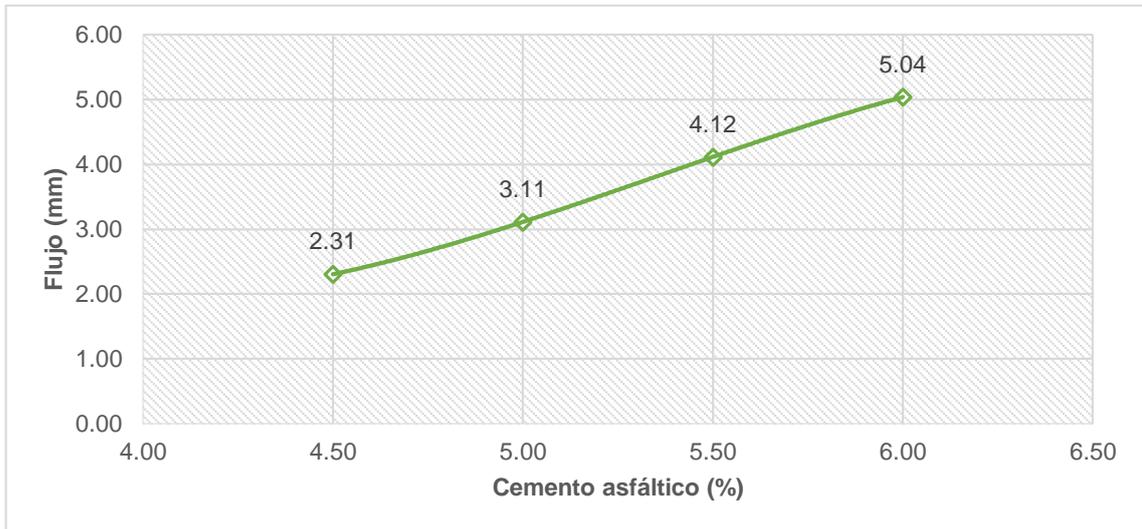


Figura 5.38. Relación de asfalto con flujo de MAC con RAP 25 % + 6 % AR.

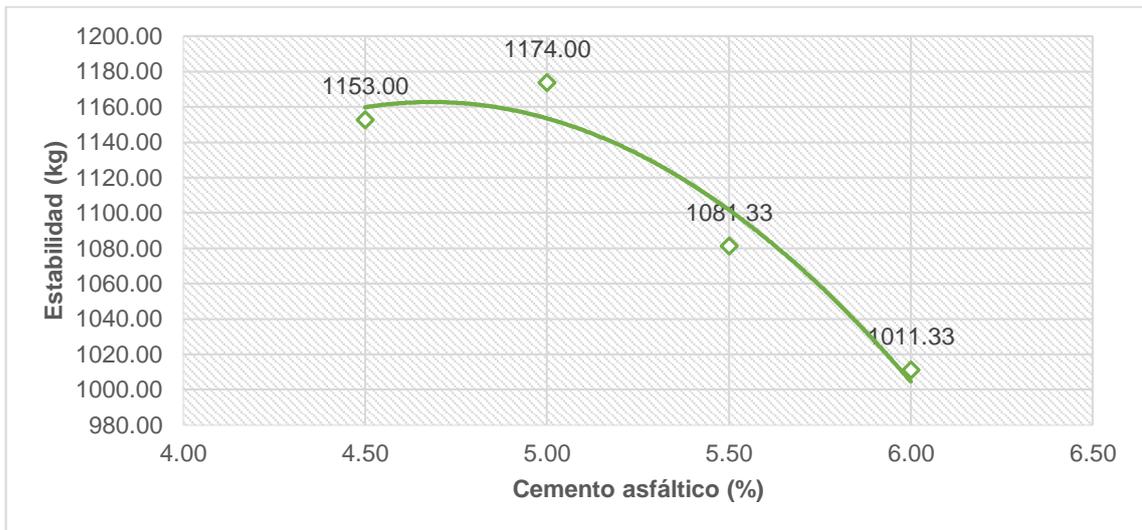


Figura 5.39. Relación de asfalto con estabilidad de MAC con RAP 25 % + 6 % AR.

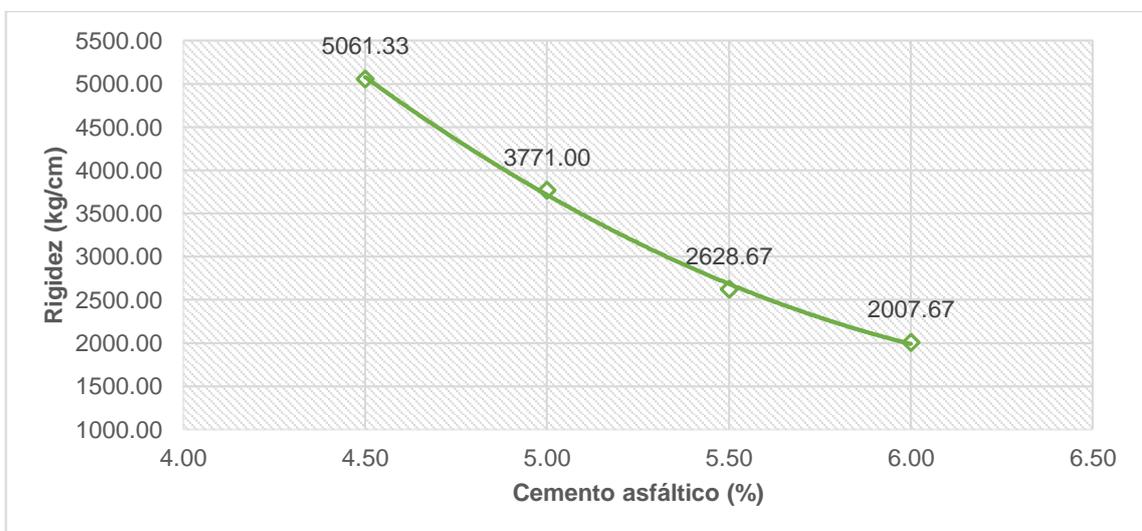


Figura 5.40. Relación de asfalto con rigidez de MAC con RAP 25 % + 6 % AR.

Una vez realizada la evaluación de cada una de estas propiedades con los diferentes contenidos de cemento asfáltico para la mezcla asfáltica en caliente con un 25 % de RAP y un 6 % de AR, se obtuvo un contenido óptimo de asfalto de 5.17 %.

### MAC con RAP 30 % + 4 % AR

También fueron elaboradas las muestras con un 30 % del pavimento asfáltico reciclado, las cuales en primera instancia contaron con un 4 % de agente rejuvenecedor, y del mismo modo que con las demás mezclas asfálticas, se realizó el ensayo Marshall y se obtuvieron los resultados mostrados en la Tabla 5.17.

Tabla 5.17. Resultados del Marshall de MAC con RAP 30 % + 4 % AR.

Cemento asfáltico (%)	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Vacíos (%)	Vacíos de material agregado compactado (%)	Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (kg)	Estabilidad/flujo (kg/cm)	Relación polvo - asfalto
4.50	2.331	5.82	16.11	63.86	2.21	1492.00	6751.00	1.45
4.50	2.328	5.96	16.23	63.30	2.15	1479.00	6880.00	1.45
4.50	2.334	5.71	16.01	64.34	2.08	1458.00	7008.00	1.45
5.00	2.274	4.68	18.61	74.86	2.87	1276.00	4446.00	1.29
5.00	2.285	4.23	18.23	76.78	2.69	1338.00	4974.00	1.29
5.00	2.268	4.91	18.80	73.89	2.49	1352.00	5431.00	1.29
5.50	2.255	3.42	19.71	82.64	3.87	1257.00	3247.00	1.16
5.50	2.228	4.59	20.69	77.81	3.75	1200.00	3199.00	1.16
5.50	2.230	4.49	20.60	78.21	3.51	1188.00	3385.00	1.16
6.00	2.218	3.56	21.43	83.39	5.10	1099.00	2155.00	1.06
6.00	2.225	3.26	21.19	84.60	5.05	1094.00	2165.00	1.06
6.00	2.229	3.10	21.06	85.26	5.12	1088.00	2125.00	1.06

En la Tabla 5.18, se tiene el promedio obtenido por las mezclas con cada uno de los porcentajes de cemento asfáltico estudiados para cada una de las propiedades requeridas por el método Marshall.

Tabla 5.18. Resumen del Marshall de MAC con RAP 30 % + 4 % AR.

Propiedades	Cemento asfáltico (%)			
	4.50	5.00	5.50	6.00
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.33	2.28	2.24	2.22
Vacíos (%)	5.83	4.61	4.17	3.31
Vacíos de material agregado compactado (%)	16.12	18.55	20.33	21.23
Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)	63.83	75.18	79.55	84.42
Flujo (mm)	2.15	2.68	3.71	5.09
Estabilidad (kg)	1476.33	1322.00	1215.00	1093.67
Estabilidad/flujo (kg/cm)	6879.67	4950.33	3277.00	2148.33
Relación polvo - asfalto	1.45	1.29	1.16	1.06

En esa línea, se adjuntan las relaciones de las propiedades evaluadas en los gráficos que van de la Figura 5.41 a la Figura 5.46, a fin de obtener el óptimo contenido de asfalto a usar en la mezcla.

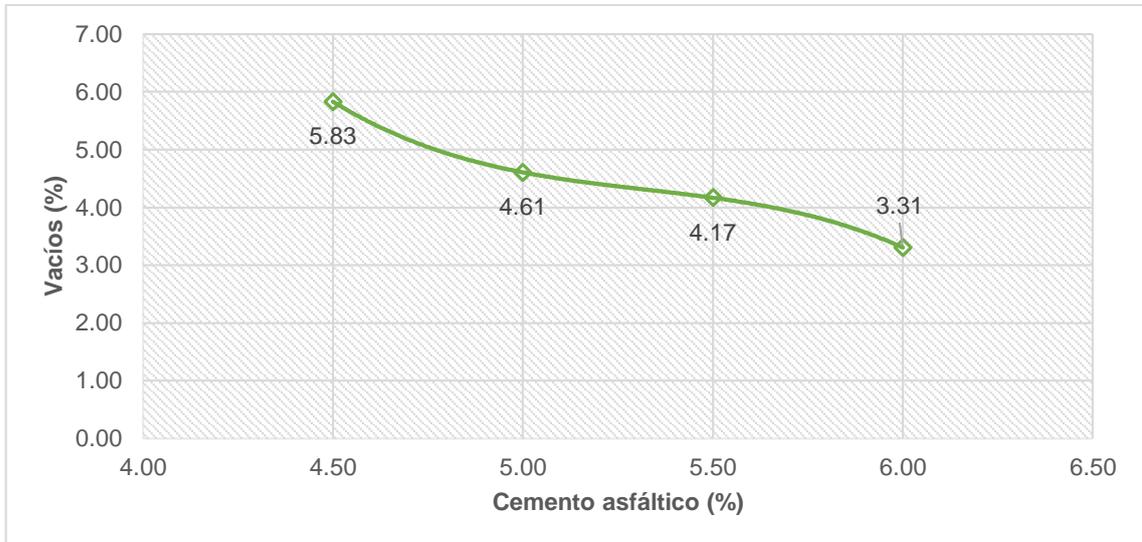


Figura 5.41. Relación de asfalto con vacíos de MAC con RAP 30 % + 4 % AR.

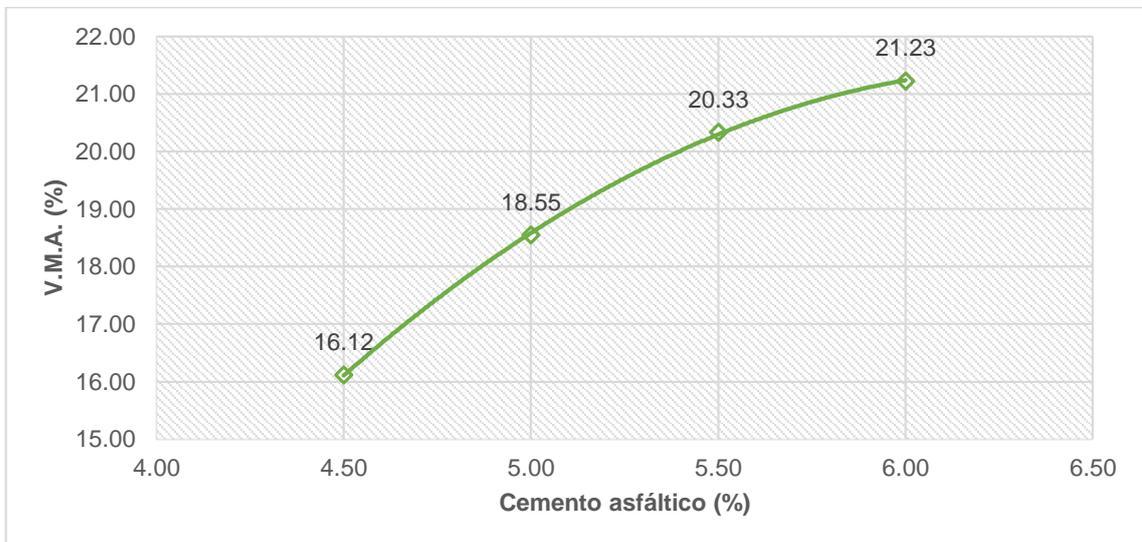


Figura 5.42. Relación de asfalto con VMA de MAC con RAP 30 % + 4 % AR.

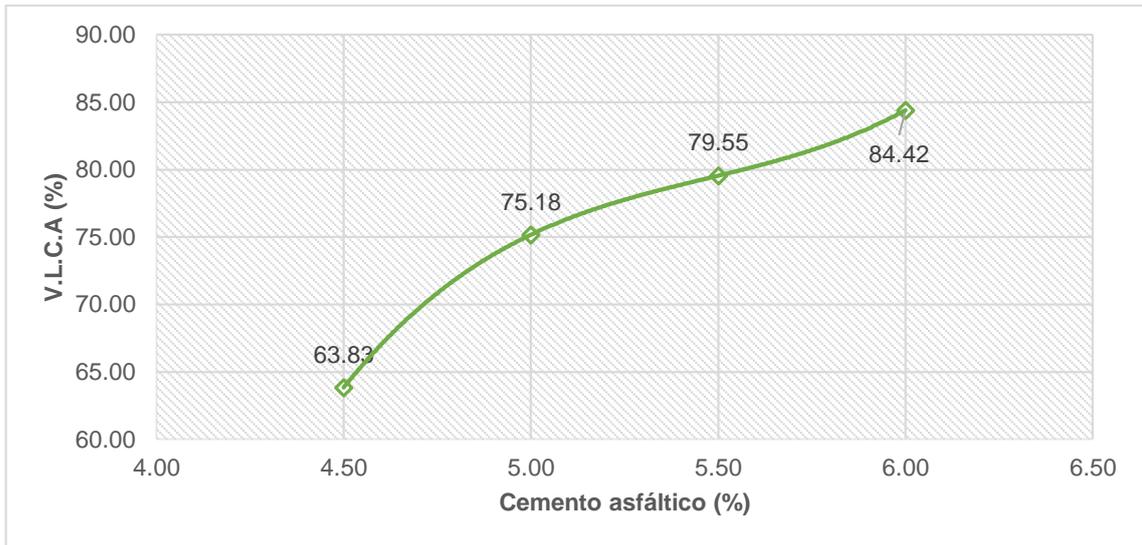


Figura 5.43. Relación de asfalto con VLCA de MAC con RAP 30 % + 4 % AR.

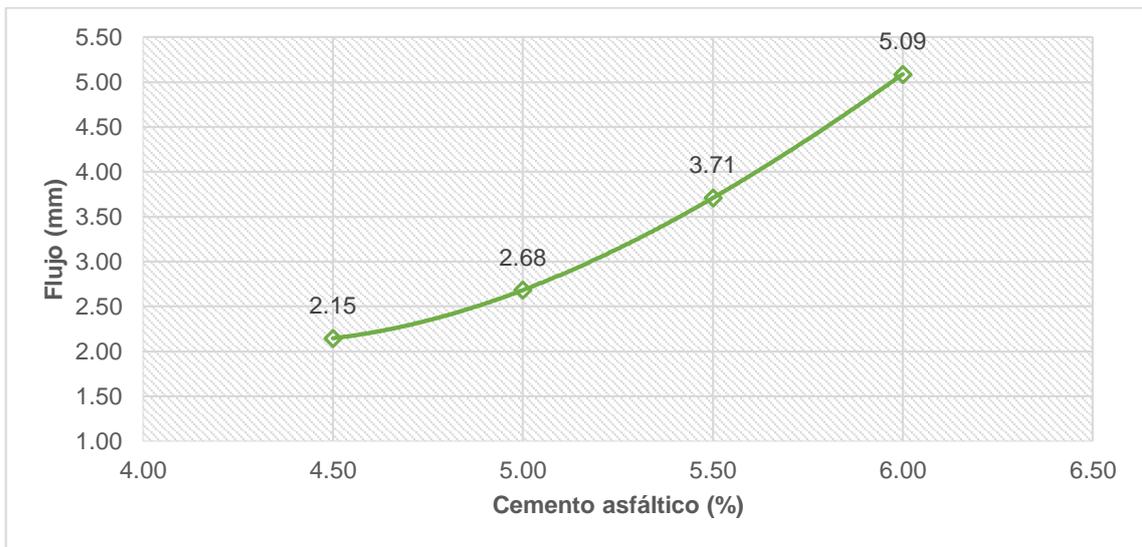


Figura 5.44. Relación de asfalto con flujo de MAC con RAP 30 % + 4 % AR.

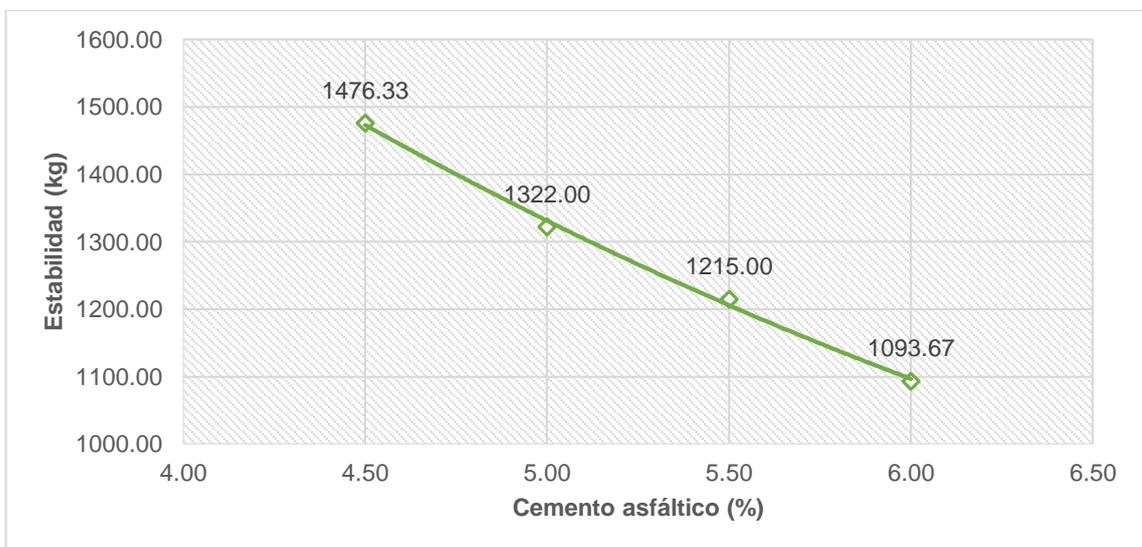


Figura 5.45. Relación de asfalto con estabilidad de MAC con RAP 30 % + 4 % AR.

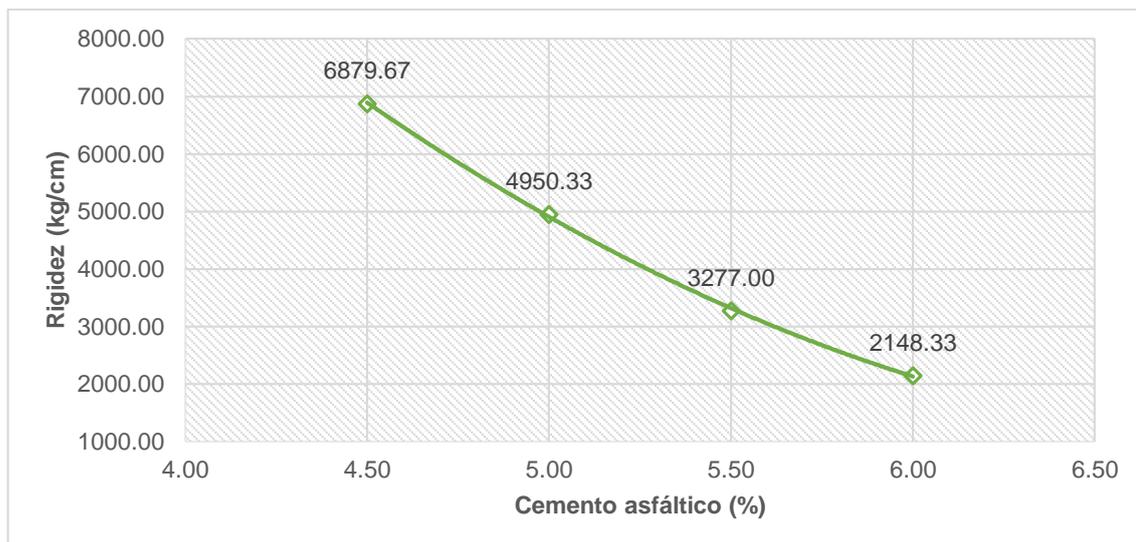


Figura 5.46. Relación de asfalto con rigidez de MAC con RAP 30 % + 4 % AR.

Evaluando los resultados, fue obtenido un óptimo contenido de asfalto de 5.30 %.

### MAC con RAP 30 % + 5 % AR

La Tabla 5.19, presenta los resultados del ensayo Marshall realizado sobre las muestras de MAC con RAP al 30 % y un 5 % de AR, con los porcentajes de cemento asfáltico de 4.5, 5.0, 5.5 y 6.0 %.

Tabla 5.19. Resultados del Marshall de MAC con RAP 30 % + 5 % AR.

Cemento asfáltico (%)	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Vacíos (%)	Vacíos de material agregado compactado (%)	Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (kg)	Estabilidad/flujo (kg/cm)	Relación polvo - asfalto
4.50	2.350	5.06	15.44	67.19	2.18	1479.00	6785.00	1.45
4.50	2.351	5.02	15.40	67.39	2.57	1485.00	5778.00	1.45
4.50	2.362	4.59	15.02	69.41	2.47	1467.00	5941.00	1.45
5.00	2.279	4.47	18.43	75.74	2.85	1338.00	4694.00	1.29
5.00	2.285	4.22	18.22	76.81	2.79	1395.00	5000.00	1.29
5.00	2.288	4.10	18.11	77.38	2.98	1380.00	4630.00	1.29
5.50	2.245	3.86	20.08	80.77	3.79	1282.00	3384.00	1.16
5.50	2.237	4.18	20.35	79.45	3.85	1231.00	3197.00	1.16
5.50	2.238	4.14	20.31	79.62	3.45	1286.00	3727.00	1.16
6.00	2.208	4.00	21.79	81.64	5.00	1099.00	2198.00	1.06
6.00	2.207	4.05	21.83	81.43	4.99	1079.00	2162.00	1.06
6.00	2.211	3.89	21.70	82.06	5.10	1089.00	2135.00	1.06

La Tabla 5.20, muestra el resumen de los ensayos realizados sobre estas MAC, para las propiedades de peso específico, vacíos, vacíos de material compactado, vacíos llenos de cemento asfáltico, flujo, estabilidad y la relación estabilidad/flujo o también conocida como rigidez.

Tabla 5.20. Resumen del Marshall de MAC con RAP 30 % + 5 % AR.

Propiedades	Cemento asfáltico (%)			
	4.50	5.00	5.50	6.00
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.35	2.28	2.24	2.21
Vacíos (%)	4.89	4.26	4.06	3.98
Vacíos de material agregado compactado (%)	15.29	18.25	20.25	21.77
Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)	68.00	76.64	79.95	81.71
Flujo (mm)	2.41	2.87	3.70	5.03
Estabilidad (kg)	1477.00	1371.00	1266.33	1089.00
Estabilidad/flujo (kg/cm)	6168.00	4774.67	3436.00	2165.00
Relación polvo - asfalto	1.45	1.29	1.16	1.06

En esa línea, a continuación, se adjuntan las figuras donde se muestran las relaciones de los contenidos de asfalto de 4.5 % al 6.0 % para las propiedades de porcentaje de vacíos, VMA, VLCA, flujo, estabilidad y rigidez.

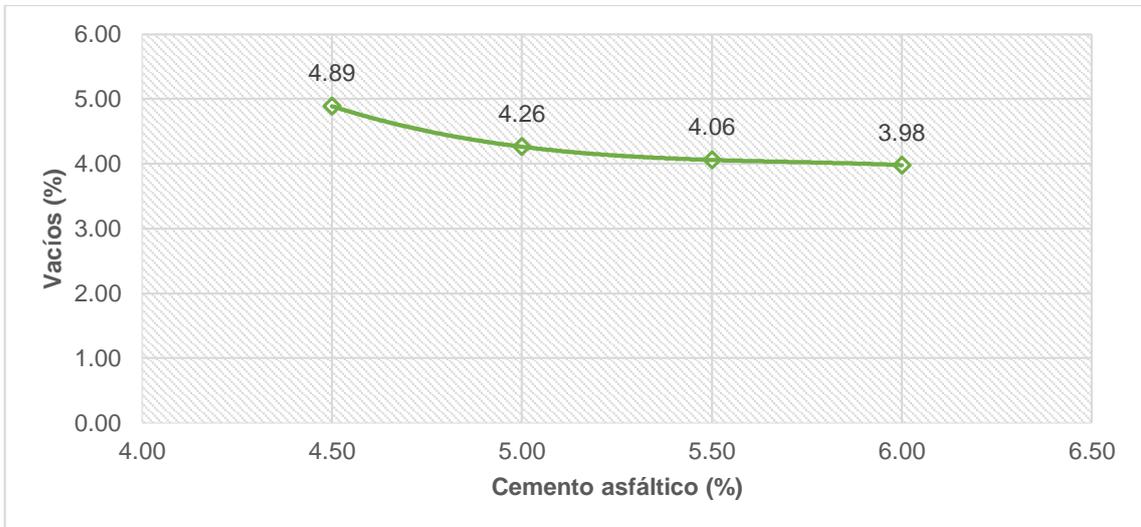


Figura 5.47. Relación de asfalto con vacíos de MAC con RAP 30 % + 5 % AR.

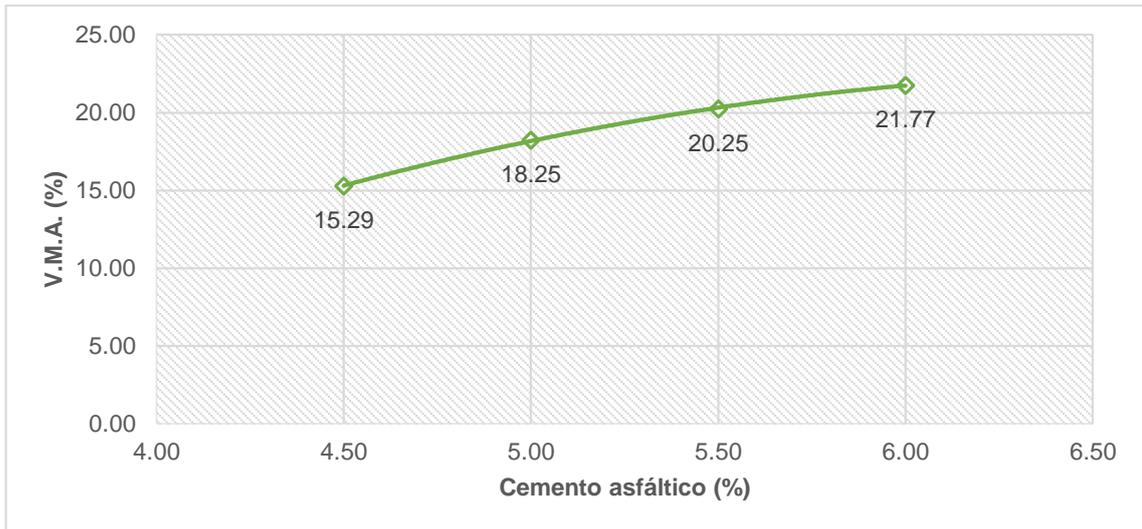


Figura 5.48. Relación de asfalto con VMA de MAC con RAP 30 % + 5 % AR.

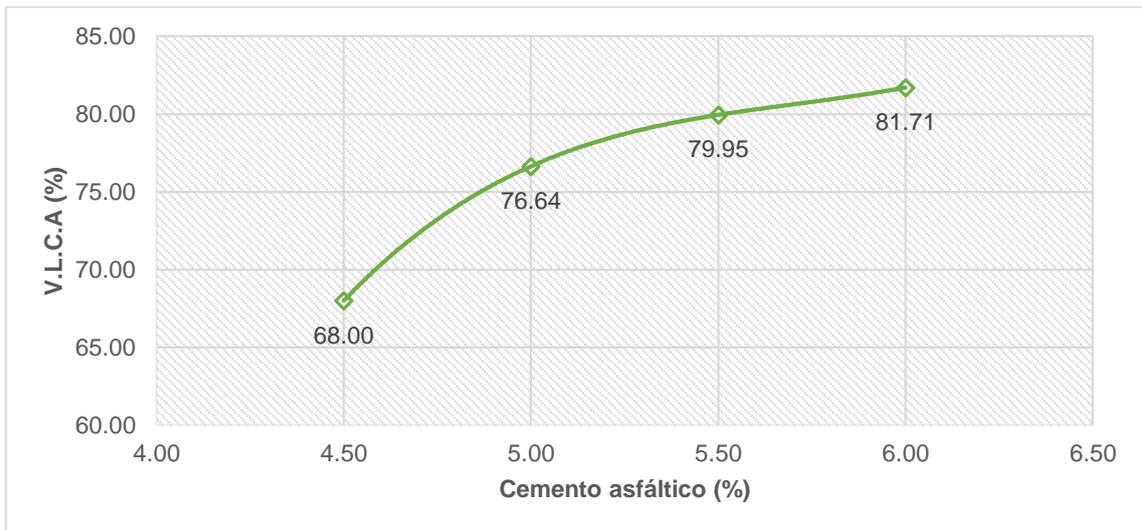


Figura 5.49. Relación de asfalto con VLCA de MAC con RAP 30 % + 5 % AR.

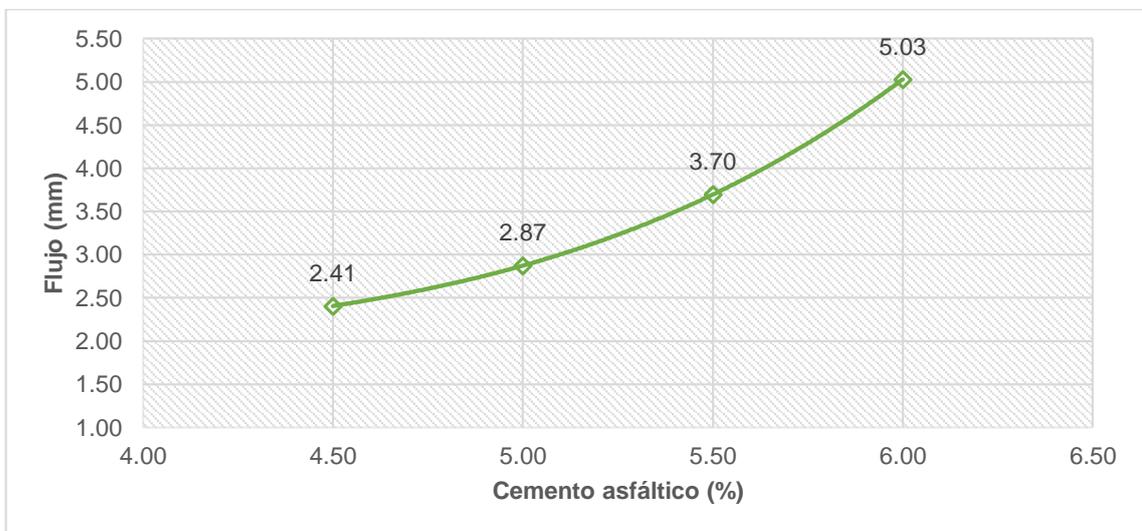


Figura 5.50. Relación de asfalto con flujo de MAC con RAP 30 % + 5 % AR.

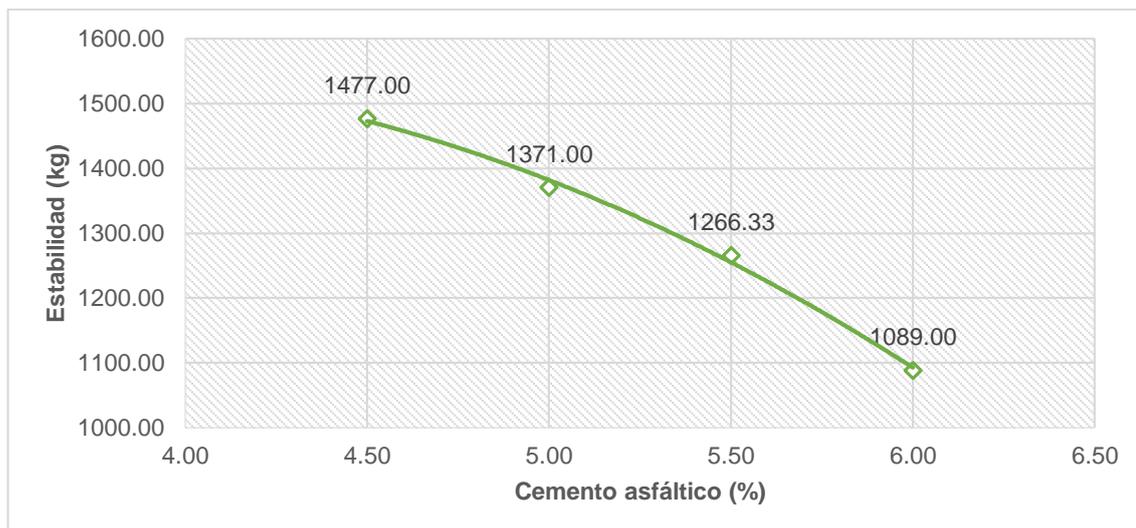


Figura 5.51. Relación de asfalto con estabilidad de MAC con RAP 30 % + 5 % AR.

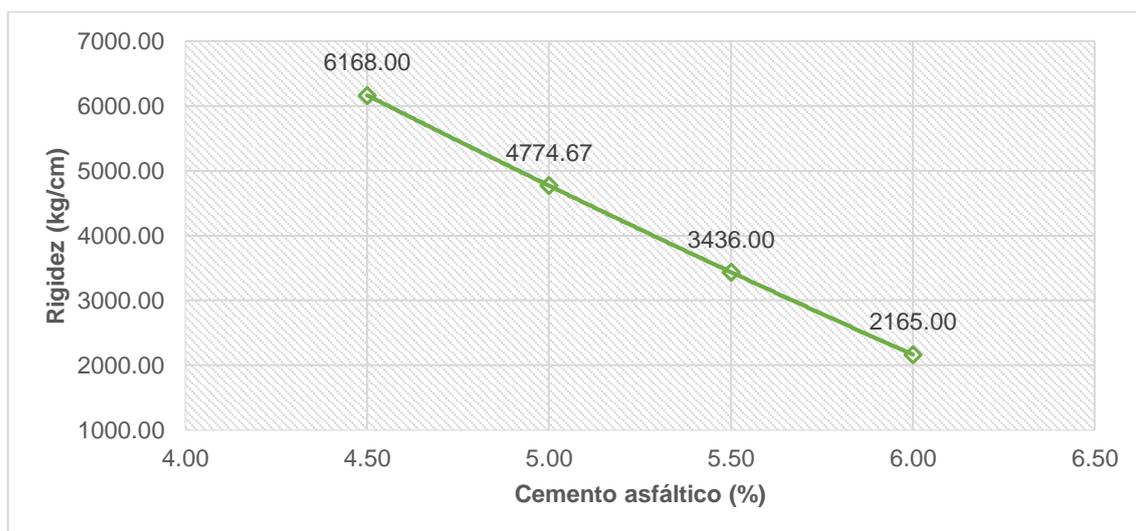


Figura 5.52. Relación de asfalto con rigidez de MAC con RAP 30 % + 5 % AR.

A partir de las figuras presentadas y el análisis a estos resultados, fue obtenido un contenido óptimo de asfalto del 5.21 %.

### MAC con RAP 30 % + 6 % AR

La última de las mezclas asfálticas en caliente elaboradas correspondió a la adición de un 30 % del pavimento asfáltico reciclado y un 6 % de agente rejuvenecedor. En la Tabla 5.21 se exponen los resultados obtenidos por cada una de las muestras elaboradas en el laboratorio.

Tabla 5.21. Resultados del Marshall de MAC con RAP 30 % + 6 %.

Cemento asfáltico (%)	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Vacíos (%)	Vacíos de material agregado compactado (%)	Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (kg)	Estabilidad/flujo (kg/cm)	Relación polvo - asfalto
4.50	2.540	4.91	15.00	67.89	2.50	1512.00	6436.00	1.45

4.50	2.660	4.40	14.88	70.19	2.85	1506.00	5283.00	1.45
4.50	2.660	4.44	14.88	10.16	2.65	1466.00	5534.00	1.45
5.00	2.284	4.27	18.26	76.63	2.89	1379.00	4773.00	1.29
5.00	2.285	4.23	18.22	76.79	2.86	1466.00	5127.00	1.29
5.00	2.287	4.12	18.13	77.28	2.98	1400.00	4697.00	1.29
5.50	2.241	4.02	20.21	80.11	3.98	1325.00	3330.00	1.16
5.50	2.242	3.99	20.18	80.25	4.06	1251.00	3081.00	1.16
5.50	2.239	4.12	20.30	79.70	3.73	1315.00	3526.00	1.16
6.00	2.212	3.84	21.66	82.26	5.11	1087.00	2128.00	1.06
6.00	2.211	3.90	21.70	82.05	5.05	1017.00	2015.00	1.06
6.00	2.214	3.74	21.57	82.68	4.99	1036.00	2077.00	1.06

La Tabla 5.22 tiene, el valor promedio obtenido por cada una de las propiedades evaluadas con los diferentes porcentajes de asfalto utilizados para hallar el óptimo contenido de asfalto.

Tabla 5.22. Resumen del Marshall de MAC con RAP 30 % + 6 % AR.

Propiedades	Cemento asfáltico (%)			
	4.50	5.00	5.50	6.00
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	2.62	2.29	2.24	2.21
Vacíos (%)	4.58	4.21	4.04	3.83
Vacíos de material agregado compactado (%)	14.92	18.20	20.23	21.64
Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)	49.41	76.90	80.02	82.33
Flujo (mm)	2.67	2.91	3.92	5.05
Estabilidad (kg)	1494.67	1415.00	1297.00	1046.67
Estabilidad/flujo (kg/cm)	5751.00	4865.67	3312.33	2073.33
Relación polvo - asfalto	1.45	1.29	1.16	1.06

En ese sentido en la Figura 5.53, Figura 5.54, Figura 5.55, Figura 5.56, Figura 5.57 y Figura 5.58 se presentan las relaciones de cada una de estas propiedades con el contenido de asfalto a fin de hallar el óptimo contenido del mismo.

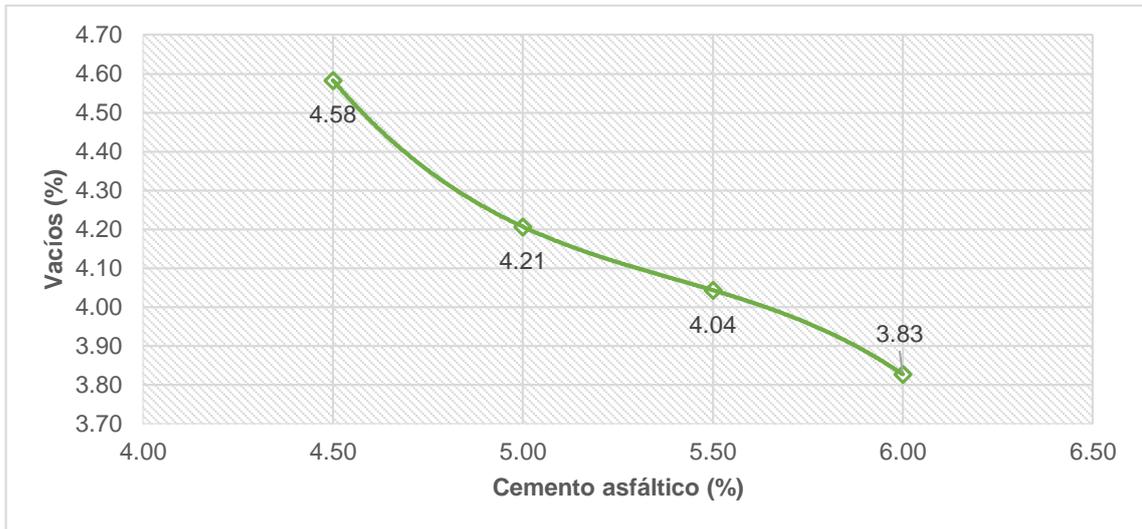


Figura 5.53. Relación de asfalto con vacíos de MAC con RAP 30 % + 6 % AR.

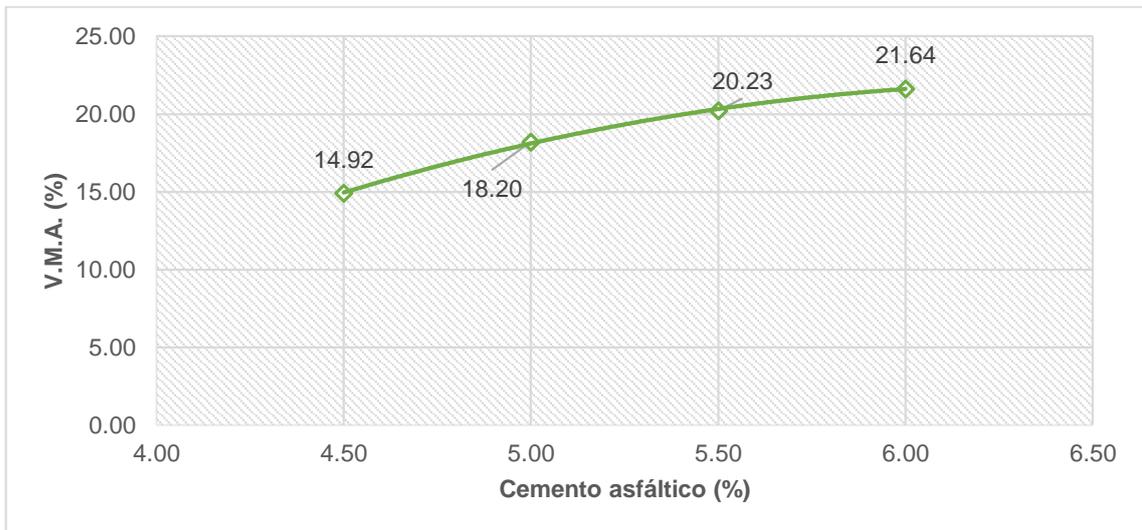


Figura 5.54. Relación de asfalto con VMA de MAC con RAP 30 % + 6 % AR.

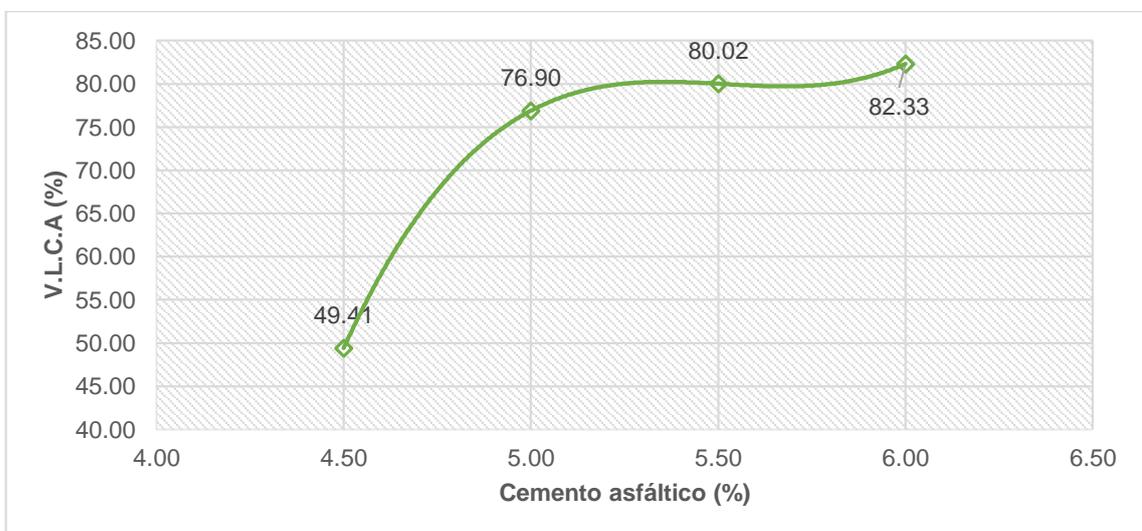


Figura 5.55. Relación de asfalto con VLCA de MAC con RAP 30 % + 6 % AR.

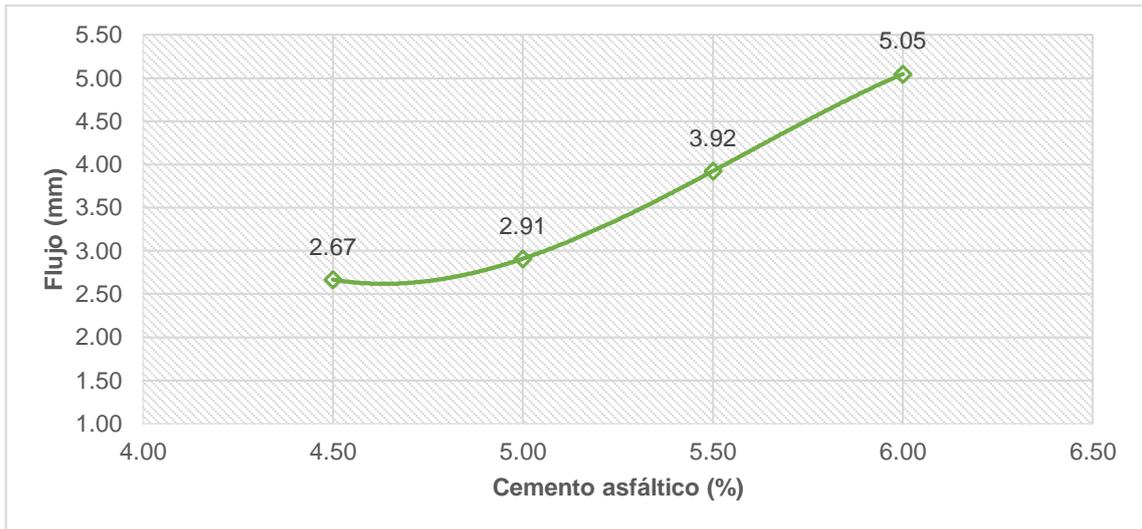


Figura 5.56. Relación de asfalto con flujo de MAC con RAP 30 % + 6 % AR.

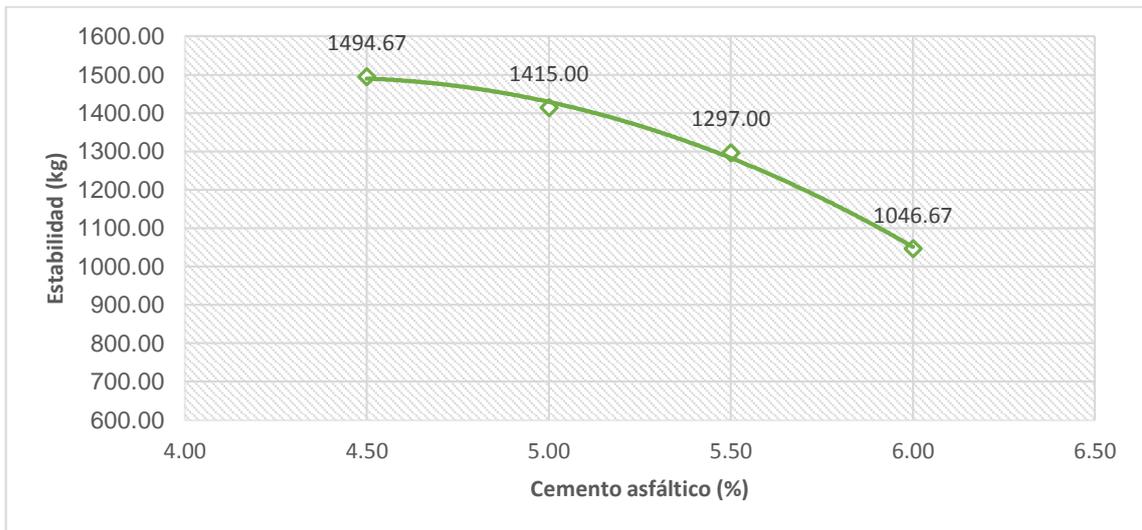


Figura 5.57. Relación de asfalto con estabilidad de MAC con RAP 30 % + 6 % AR.

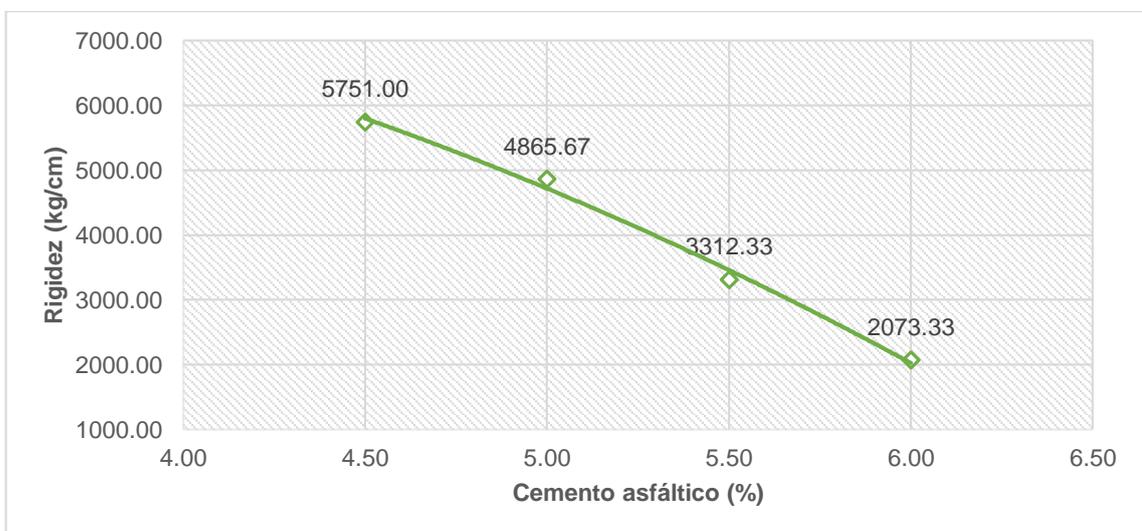


Figura 5.58. Relación de asfalto con rigidez de MAC con RAP 30 % + 6 % AR.

Finalmente, para la mezcla asfáltica en caliente con un 30 % de pavimento asfáltico reciclado sumado a un 6 % del agente rejuvenecedor requiere de un contenido óptimo de cemento asfáltico de tan solo 5.13 %.

### 5.1.6. Comparación de resultados Marshall

En la Tabla 5.23, se tienen las características de las diferentes mezclas de asfalto analizadas en la presente investigación, de acuerdo al óptimo contenido de cemento asfáltico obtenido para cada uno.

Tabla 5.23. Ensayos Marshall de MAC con el contenido óptimo de asfalto.

Grupos	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	Vacíos (%)	Vacíos de material agregado compactado (%)	Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)	Flujo (mm)	Estabilidad (kg)	Estabilidad /flujo (kg/cm)	Relación polvo - asfalto	Contenido óptimo de cemento asfáltico (%)
MAC con RAP 20 % + 4 % AR	2.415	2.50	14.20	85.00	3.80	1316.00	3463.00	1.16	5.56
MAC con RAP 20 % + 5 % AR	2.392	4.60	14.50	65.50	3.70	1180.00	3189.00	1.23	5.27
MAC con RAP 20 % + 6 % AR	2.387	4.90	14.80	65.50	3.70	1150.00	3108.00	1.23	5.25
MAC con RAP 25 % + 4 % AR	2.286	5.00	18.50	71.00	3.50	1150.00	3286.00	1.22	5.37
MAC con RAP 25 % + 5 % AR	2.295	4.00	18.10	76.00	3.50	1316.00	3760.00	1.20	5.27
MAC con RAP 25 % + 6 % AR	2.280	4.50	18.50	76.00	3.50	1140.00	3257.00	1.22	5.17
MAC con RAP 30 % + 4 % AR	2.248	4.30	19.50	77.00	3.20	1270.00	3969.00	1.21	5.30
MAC con RAP 30 % + 5 % AR	2.248	4.20	19.50	77.00	3.20	1270.00	3969.00	1.21	5.21
MAC con RAP 30 % + 6 % AR	2.285	4.20	19.00	78.00	3.50	1350.00	3857.00	1.24	5.13

### 5.1.7. Contenido de cemento asfáltico

En la Tabla 5.24, se adjuntan los contenidos óptimos de cemento asfáltico para cada una de las mezclas evaluadas con distintas adiciones de pavimento asfáltico reciclado y agente rejuvenecedor, requiriendo un mínimo de 5.13 % a usarse en el MAC con 30 % de RAP y 6 % de AR, y un máximo de 5.56 % para el MAC con 20 % de RAP y 4 % de AR.

Tabla 5.24. Contenido óptimo de asfalto de MAC.

Grupos	Contenido óptimo de cemento asfáltico (%)
MAC con RAP 20 % + 4 % AR	5.56

MAC con RAP 20 % + 5 % AR	5.27
MAC con RAP 20 % + 6 % AR	5.25
MAC con RAP 25 % + 4 % AR	5.37
MAC con RAP 25 % + 5 % AR	5.27
MAC con RAP 25 % + 6 % AR	5.17
MAC con RAP 30 % + 4 % AR	5.30
MAC con RAP 30 % + 5 % AR	5.21
MAC con RAP 30 % + 6 % AR	5.13

En la Figura 5.59, se presenta una comparación gráfica de cada valor de asfalto óptimo requerido por cada mezcla, aquí es posible notar que se va reduciendo el óptimo contenido de asfalto al tener mayores contenidos del agente rejuvenecedor y del pavimento asfáltico reciclado.

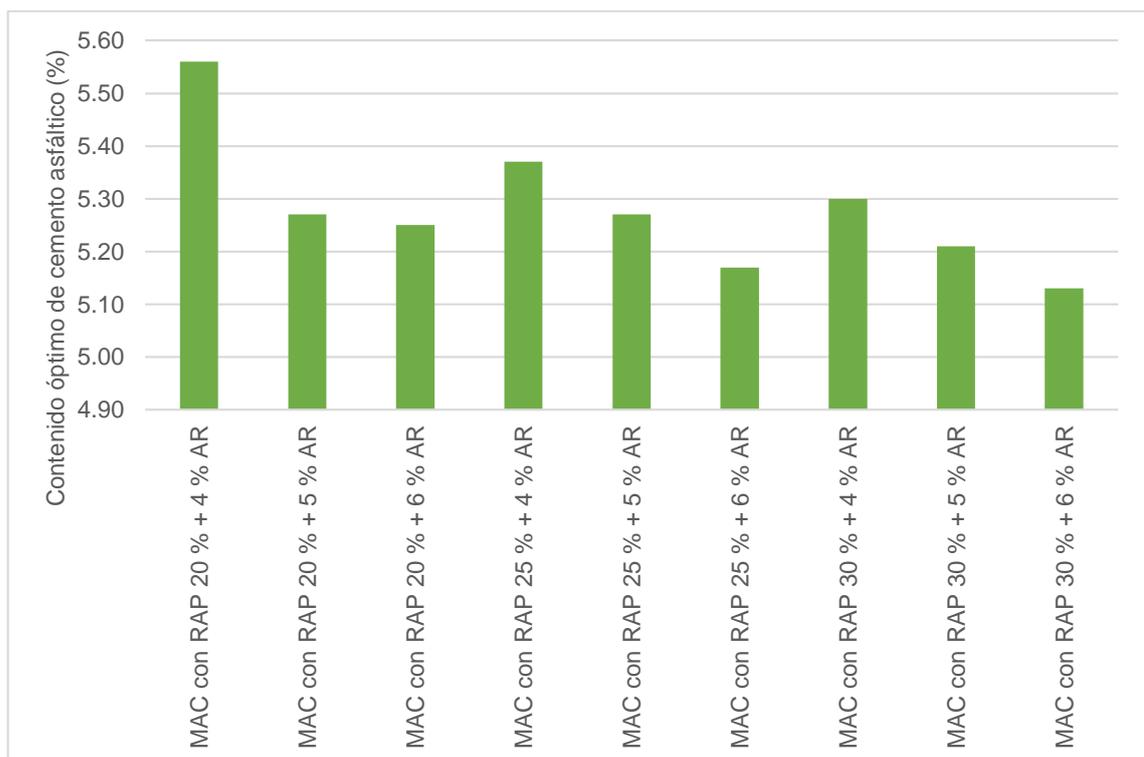


Figura 5.59. Comparación de contenido óptimo de asfalto de MAC.

## 5.2. Peso específico

La Tabla 5.25, presenta el peso específico de cada una de las mezclas asfálticas de acuerdo a los ensayos Marshall para cada una de las mezclas analizadas, registrando un mínimo de 2.248 g/cm<sup>3</sup> para las mezclas con 30 % de RAP con 4 y 5 % de agente rejuvenecedor, y un máximo de 2.415 g/cm<sup>3</sup> para la mezcla con 20 % de RAP + 4 % de AR.

Tabla 5.25. Peso específico de MAC.

Grupos	Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )
MAC con RAP 20 % + 4 % AR	2.415
MAC con RAP 20 % + 5 % AR	2.392
MAC con RAP 20 % + 6 % AR	2.387
MAC con RAP 25 % + 4 % AR	2.286
MAC con RAP 25 % + 5 % AR	2.295
MAC con RAP 25 % + 6 % AR	2.280
MAC con RAP 30 % + 4 % AR	2.248
MAC con RAP 30 % + 5 % AR	2.248
MAC con RAP 30 % + 6 % AR	2.285

En la Figura 5.60, se tiene la comparación gráfica de este parámetro de cada una de las muestras estudiadas en la presente investigación, de este modo, se aprecia que la inclusión de mayores cantidades de pavimento reciclado propicia la reducción de estos parámetros.

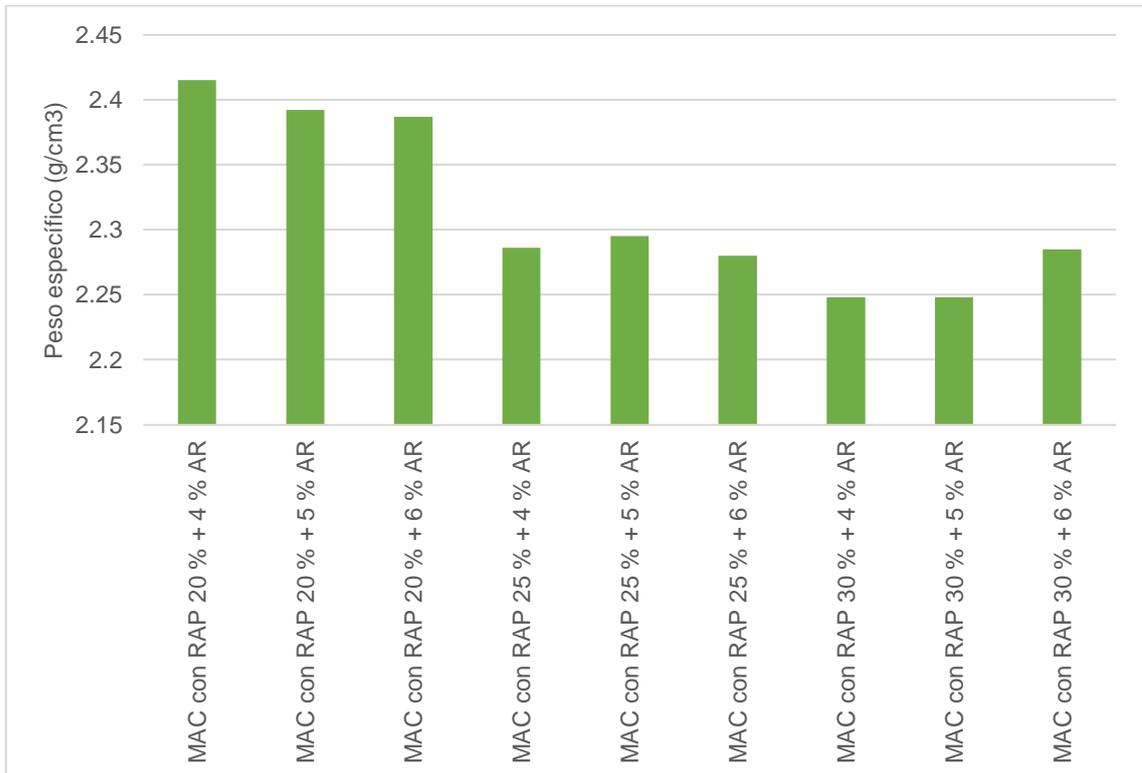


Figura 5.60. Comparación de peso específico de MAC.

### 5.3. Vacíos

#### 5.3.1. Vacíos

El porcentaje de vacíos de cada mezcla, se encuentra adjunto en la Tabla 5.26, teniendo un mínimo de 2.5 % correspondiente a la mezcla con RAP 20 % y 4 % de AR,

mientras que la mayor cantidad de vacíos correspondería al 5.0 % del MAC con RAP 25 % + 4 % AR.

Tabla 5.26. Porcentaje de vacíos de MAC.

Grupos	Vacíos (%)
MAC con RAP 20 % + 4 % AR	2.50
MAC con RAP 20 % + 5 % AR	4.60
MAC con RAP 20 % + 6 % AR	4.90
MAC con RAP 25 % + 4 % AR	5.00
MAC con RAP 25 % + 5 % AR	4.00
MAC con RAP 25 % + 6 % AR	4.50
MAC con RAP 30 % + 4 % AR	4.30
MAC con RAP 30 % + 5 % AR	4.20
MAC con RAP 30 % + 6 % AR	4.20

La Figura 5.61, adjuntan estos valores, comparándolos entre sí y realizando la verificación de que se encuentren dentro del rango establecido para mezclas para bajo tránsito, de tipo C, evaluadas a 35 golpes de acuerdo al Manual de Carreteras: Especificaciones técnicas generales para construcción. De este modo se aprecia que todas las mezclas presentan porcentajes de vacíos aceptables exceptuando a la MAC con 20 % de RAP y un 4 % de AR.

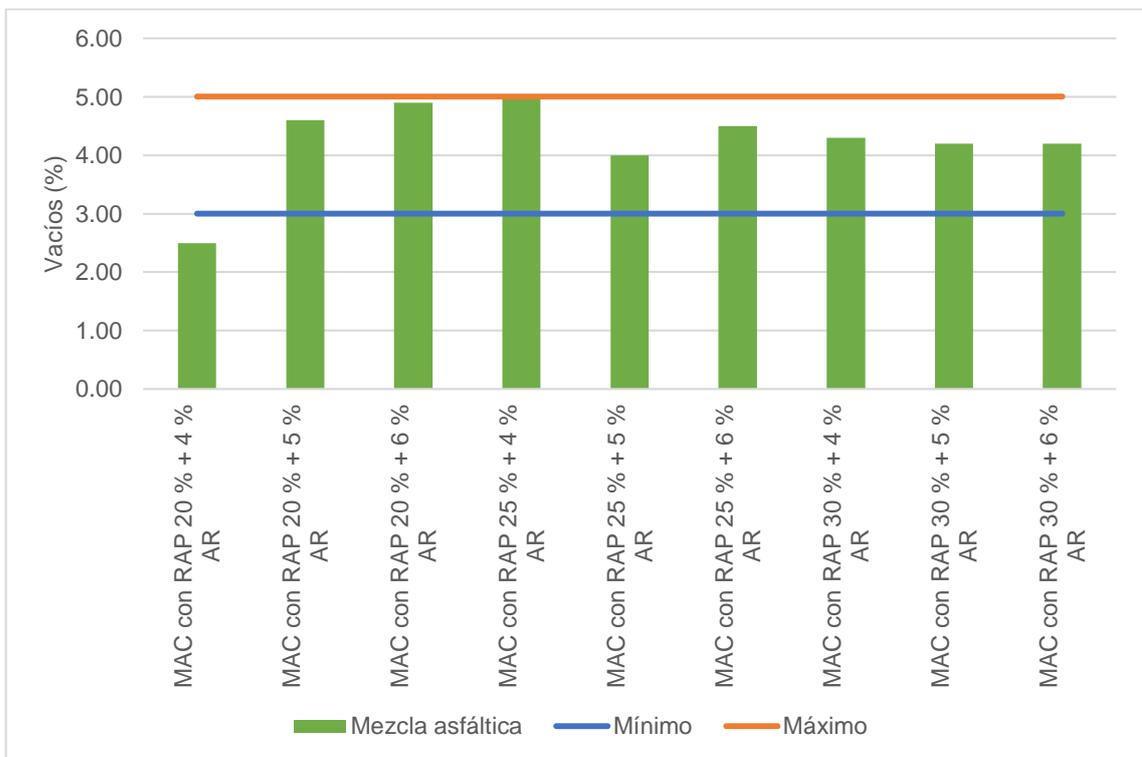


Figura 5.61. Comparación de porcentaje de vacíos de MAC.

### 5.3.2. Vacíos de material de agregado compactado

En la Tabla 5.27, se encuentran los vacíos de material de agregado compactado (VMA), contando de este modo con un mínimo de 14.20 % para la mezcla con 20 % de pavimento asfáltico reciclado y 4 % de agente rejuvenecedor, y un máximo de 19.5 para las mezclas con 30 % de RAP al 4 % y 5 %.

Tabla 5.27. Porcentaje de vacíos de material agregado compactado.

Grupos	Vacíos de material agregado compactado (%)
MAC con RAP 20 % + 4 % AR	14.20
MAC con RAP 20 % + 5 % AR	14.50
MAC con RAP 20 % + 6 % AR	14.80
MAC con RAP 25 % + 4 % AR	18.50
MAC con RAP 25 % + 5 % AR	18.10
MAC con RAP 25 % + 6 % AR	18.50
MAC con RAP 30 % + 4 % AR	19.50
MAC con RAP 30 % + 5 % AR	19.50
MAC con RAP 30 % + 6 % AR	19.00

La Figura 5.62, presenta estos resultados de forma gráfica además las compara con el valor mínimo requerido para mezclas usadas para vías de bajo tránsito de acuerdo al Manual de Carreteras. Aquí se aprecia la tendencia a aumentar este valor a medida que aumenta la cantidad de pavimento reciclado en las nuevas mezclas, de este modo se puede apreciar que tan solo una mezcla no logra obtener un porcentaje de VMA acorde con la norma, siendo el de MAC con un 20 % de RAP y un 4 % de AR.

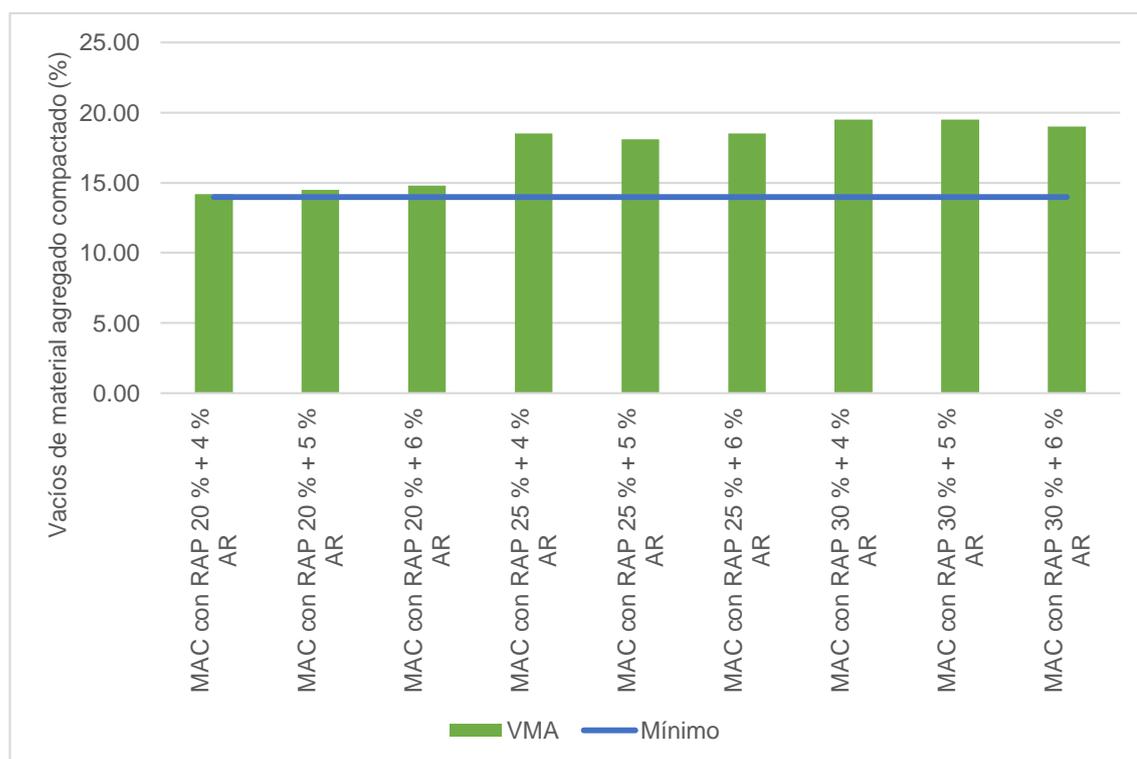


Figura 5.62. Comparación de vacíos de material agregado compactado de MAC.

### 5.3.3. Vacíos llenos de cemento asfáltico

De la misma forma, la Tabla 5.28 contiene los porcentajes de vacíos llenos de cemento asfáltico (VLCA), de cada una de las mezclas asfálticas en caliente estudiadas para el desarrollo de la presente investigación. Aquí tendremos un mínimo de 65.5 % correspondiente a las mezclas con RAP al 20 % y AR al 5 y 6 %, mientras que el máximo es de 78.0 % correspondiente a la mezcla con 30 % de RAP y un 6 % del agente rejuvenecedor.

Tabla 5.28. Porcentaje de vacíos llenos de cemento asfáltico de MAC.

Grupos	Vacíos llenos de cemento asfáltico (%)
MAC con RAP 20 % + 4 % AR	85.0
MAC con RAP 20 % + 5 % AR	65.5
MAC con RAP 20 % + 6 % AR	65.5
MAC con RAP 25 % + 4 % AR	71.0
MAC con RAP 25 % + 5 % AR	76.0
MAC con RAP 25 % + 6 % AR	76.0
MAC con RAP 30 % + 4 % AR	77.0
MAC con RAP 30 % + 5 % AR	77.0
MAC con RAP 30 % + 6 % AR	78.0

En ese sentido, en la Figura 5.63 se presentan de forma gráfica los vacíos llenos de cemento asfáltico.

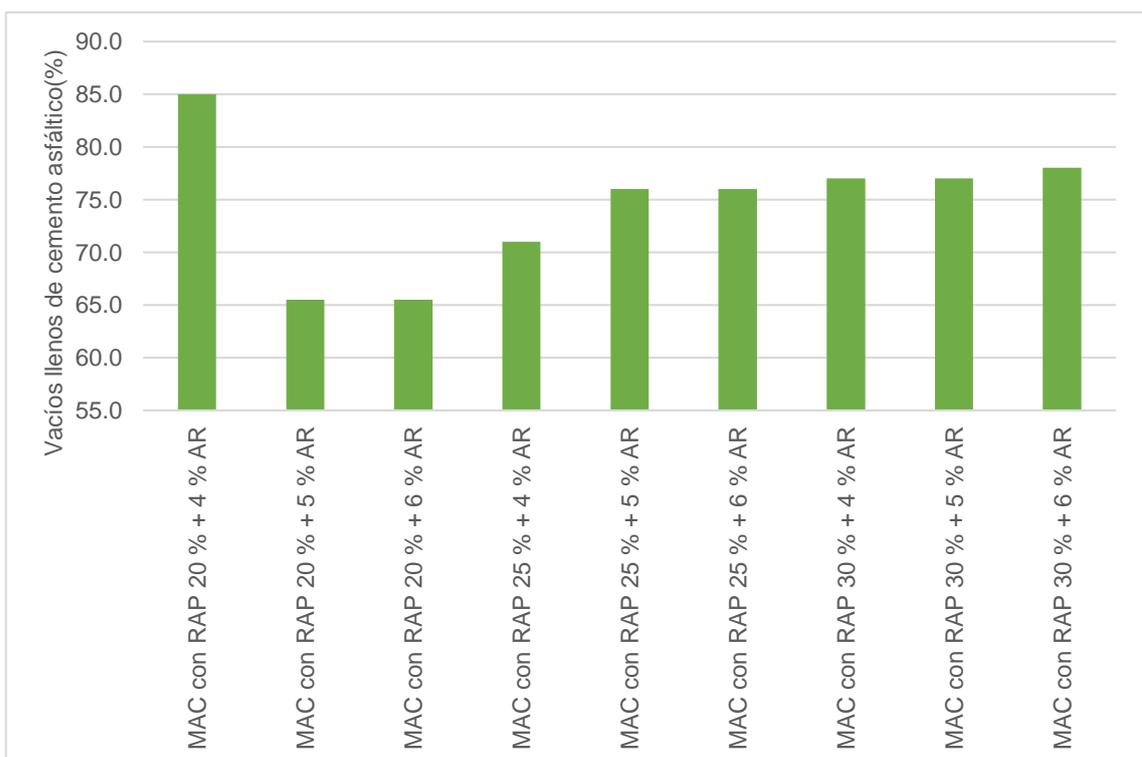


Figura 5.63. Comparación de vacíos llenos de cemento asfáltico de MAC.

## 5.4. Rigidez

### 5.4.1. Estabilidad

A continuación, la Tabla 5.29 presenta la estabilidad en kilogramos para cada una de las mezclas analizadas mediante la prueba Marshall, aquí se aprecia un valor mínimo de 1140 kg correspondiente a la mezcla asfáltica con 25 % de RAP y 6 % de AR, mientras que el valor máximo es de 1350 kg para la mezcla con 30 % de RAP y 6 % de agente rejuvenecedor.

Tabla 5.29. Estabilidad de MAC.

Grupos	Estabilidad (kg)
MAC con RAP 20 % + 4 % AR	1316
MAC con RAP 20 % + 5 % AR	1180
MAC con RAP 20 % + 6 % AR	1150
MAC con RAP 25 % + 4 % AR	1150
MAC con RAP 25 % + 5 % AR	1316
MAC con RAP 25 % + 6 % AR	1140
MAC con RAP 30 % + 4 % AR	1270
MAC con RAP 30 % + 5 % AR	1270
MAC con RAP 30 % + 6 % AR	1350

La Figura 5.64, presenta los valores de estabilidad comparados de cada mezcla y el valor mínimo requerido para mezclas asfálticas en caliente de acuerdo al MTC, de este modo se aprecia que todas las mezclas cumplen con superar este valor mínimo establecido, pero no es posible apreciar alguna tendencia clara que indique la variación de este parámetro.

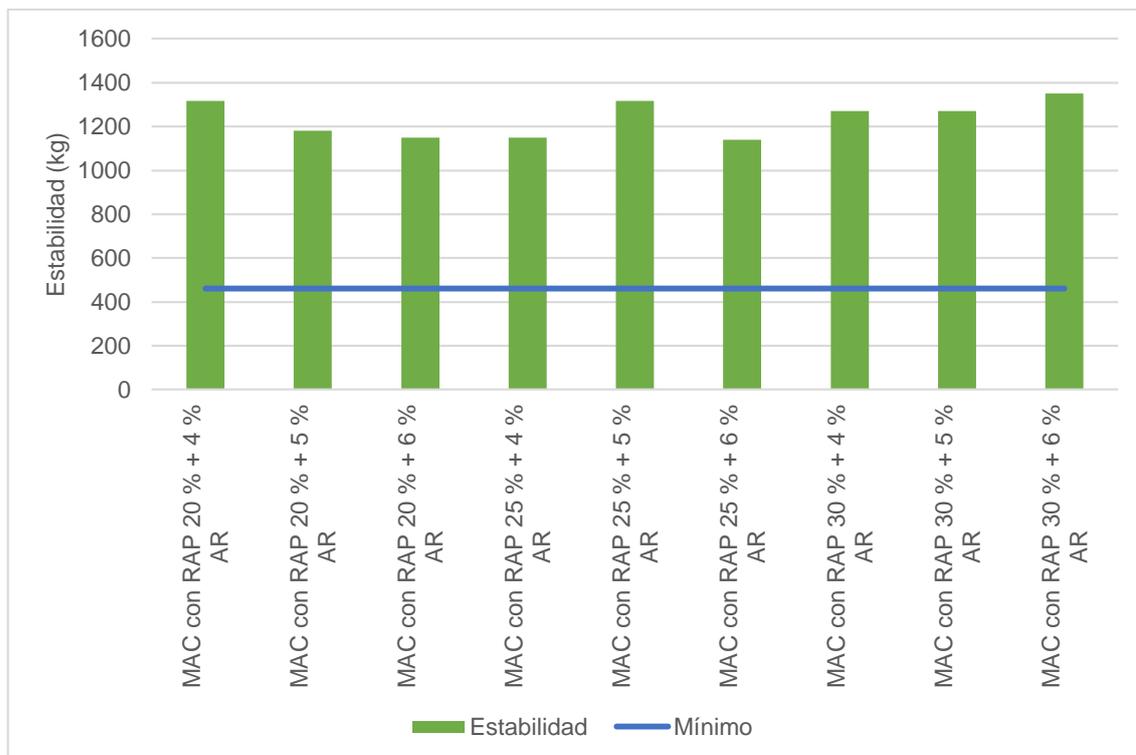


Figura 5.64. Comparación de estabilidad de MAC.

#### 5.4.2. Flujo

La Tabla 5.30, presenta los valores en milímetros del flujo de cada una de las mezclas de asfalto en caliente evaluadas, teniendo un valor mínimo de 3.2 mm perteneciente a las mezclas con 30 % de RAP al 4 y 5 % de AR, mientras que el máximo valor le pertenece a la mezcla con 20 % de RAP y 4 % de AR con 3.8 mm.

Tabla 5.30. Flujo de MAC.

Grupos	Flujo (mm)
MAC con RAP 20 % + 4 % AR	3.80
MAC con RAP 20 % + 5 % AR	3.70
MAC con RAP 20 % + 6 % AR	3.70
MAC con RAP 25 % + 4 % AR	3.50
MAC con RAP 25 % + 5 % AR	3.50
MAC con RAP 25 % + 6 % AR	3.50
MAC con RAP 30 % + 4 % AR	3.20
MAC con RAP 30 % + 5 % AR	3.20
MAC con RAP 30 % + 6 % AR	3.50

La Figura 5.65, presenta la comparación de estos valores, además de ello, se presenta el rango de valores mínimos y máximos para este factor de acuerdo al Manual de Carreteras. En este caso, todos los valores se encuentran dentro del rango permitido para el flujo de mezclas asfálticas para vías de bajo tránsito.

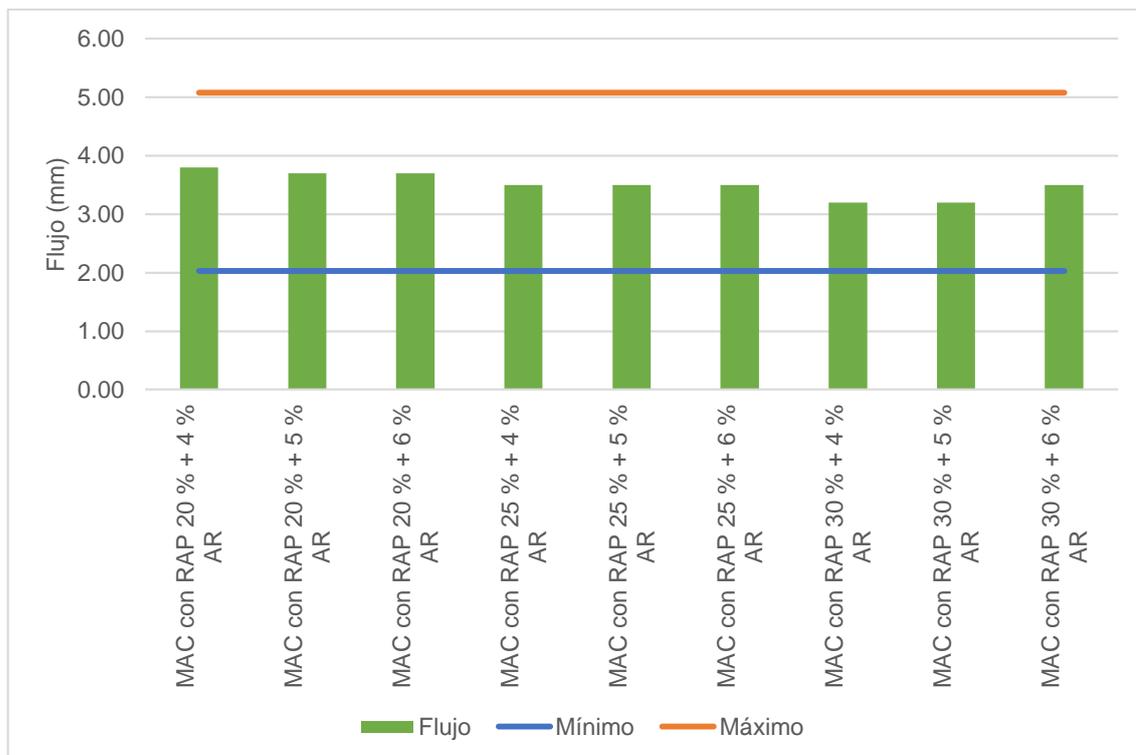


Figura 5.65. Comparación de flujo de MAC.

### 5.4.3. Rigidez

A continuación, la Tabla 5.31, comprende los valores de la rigidez en kilogramos sobre centímetro, determinada por la relación de la estabilidad entre el flujo, para todas las mezclas con las diferentes proporciones de pavimento asfáltico reciclado y agente rejuvenecedor. Teniendo así un valor mínimo de 3108 kg/cm de la MAC con RAP 20 % y 6 % de AR, mientras la rigidez máxima es de 3969 kg/cm que corresponde a las MAC con RAP al 30 % + 4 y 5 % de AR.

Tabla 5.31. Rigidez de MAC.

Grupos	Estabilidad/flujo (kg/cm)
MAC con RAP 20 % + 4 % AR	3463
MAC con RAP 20 % + 5 % AR	3189
MAC con RAP 20 % + 6 % AR	3108
MAC con RAP 25 % + 4 % AR	3286
MAC con RAP 25 % + 5 % AR	3760
MAC con RAP 25 % + 6 % AR	3257
MAC con RAP 30 % + 4 % AR	3969
MAC con RAP 30 % + 5 % AR	3969
MAC con RAP 30 % + 6 % AR	3857

En ese sentido, la Figura 5.66 presenta los valores de este parámetro comparados gráficamente, y el rango permitido de acuerdo al MTC. Aquí se evidencia que todos los

valores presentan una rigidez aceptable, siendo mayor en las MAC con 30 % de pavimento asfáltico reciclado.

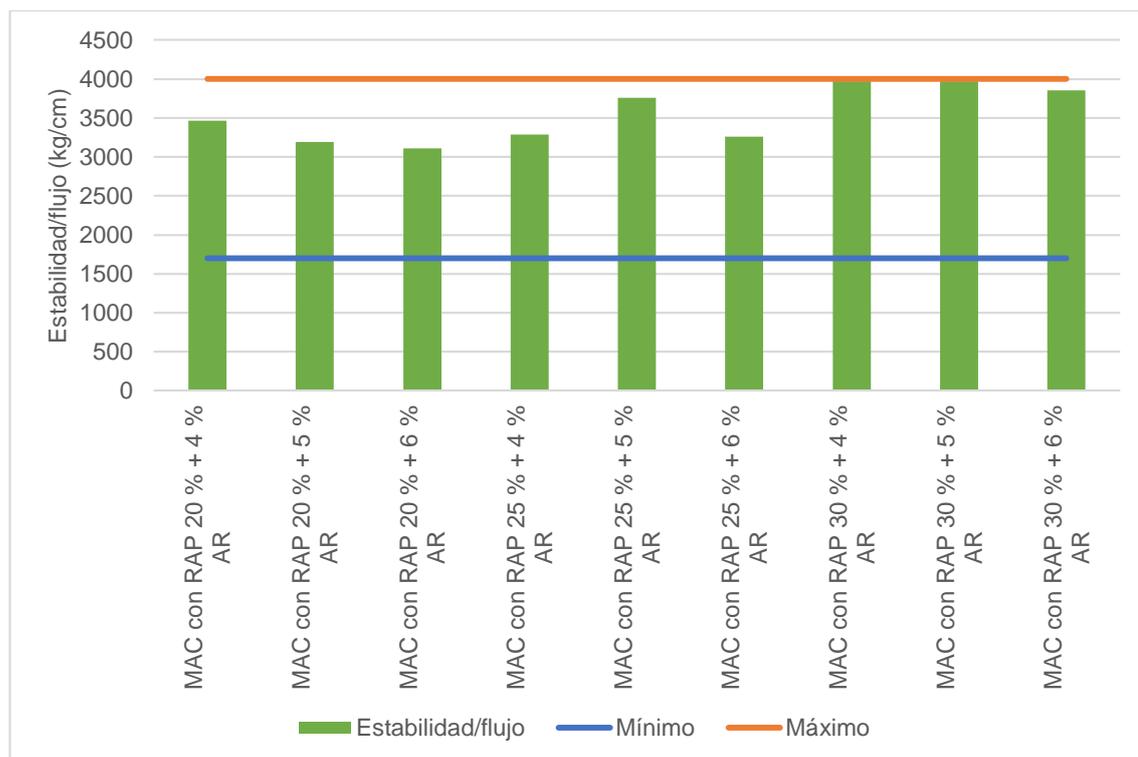


Figura 5.66. Comparación de rigidez de MAC.

### 5.5. Relación polvo – asfalto

En la Tabla 5.32, se adjuntan los resultados de la relación polvo – asfalto, o también denominada como relación entre finos y ligante, en este caso el valor mínimo de este parámetro de acuerdo al ensayo Marshall corresponde a 1.16 del MAC con 20 % de RAP y 4 % de AR, y el valor máximo de 1.24 corresponde al MAC con 30 % de RAP y 6 % de AR.

Tabla 5.32. Relación de polvo – asfalto de MAC.

Grupos	Relación polvo - asfalto
MAC con RAP 20 % + 4 % AR	1.16
MAC con RAP 20 % + 5 % AR	1.23
MAC con RAP 20 % + 6 % AR	1.23
MAC con RAP 25 % + 4 % AR	1.22
MAC con RAP 25 % + 5 % AR	1.20
MAC con RAP 25 % + 6 % AR	1.22
MAC con RAP 30 % + 4 % AR	1.21
MAC con RAP 30 % + 5 % AR	1.21
MAC con RAP 30 % + 6 % AR	1.24

Finalmente, la Figura 5.67 presenta de forma gráfica estos resultados, además los compara con el rango proporcionado por el MTC en el Manual de Carreteras. De este modo se comprueba que todas las MAC analizadas en la presente investigación cumplen con este requerimiento del Manual.

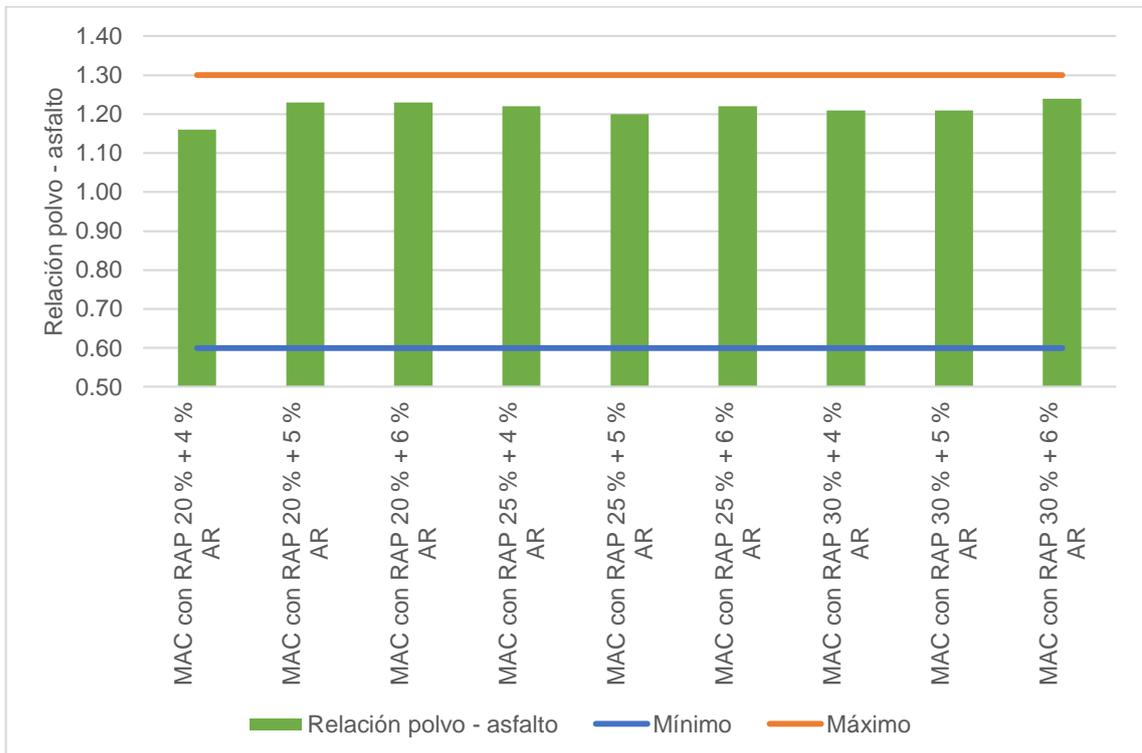


Figura 5.67. Comparación de relación polvo – asfalto de MAC.

## 5.6. Contrastación de hipótesis

### 5.6.1. Prueba de normalidad

A fin de realizar la contrastación de hipótesis, fue realizada la prueba de hipótesis con los resultados de las propiedades de las mezclas asfálticas en caliente que comprenden los porcentajes de asfalto entre los que se encuentra el porcentaje óptimo para cada caso.

En ese sentido, en la Tabla 5.33, se encuentra los resultados de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk sobre los registros obtenidos del peso específico, es así que se pudo comprobar la existencia de niveles de significancia inferiores a 0.05, es decir, para el peso específico existen registros que no se ajustan a una distribución normal, por lo tanto, para la comprobación de la hipótesis específica “a”, se realizará una prueba no paramétrica.

Tabla 5.33. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para el peso específico.

Grupos	Shapiro-Wilk
--------	--------------

		Estadístico	gl	Sig.
Peso específico (g/cm <sup>3</sup> )	MAC con RAP 20 % + 4 % AR con 5.5 % C.A.	0.75	3	0.00
	MAC con RAP 20 % + 4 % AR con 6.0 % C.A.	0.81	3	0.13
	MAC con RAP 20 % + 5 % AR con 5.0 % C.A.	0.96	3	0.64
	MAC con RAP 20 % + 5 % AR con 5.5 % C.A.	0.77	3	0.04
	MAC con RAP 20 % + 6 % AR con 5.0 % C.A.	0.75	3	0.00
	MAC con RAP 20 % + 6 % AR con 5.5 % C.A.	0.96	3	0.61
	MAC con RAP 25 % + 4 % AR con 5.0 % C.A.	0.91	3	0.41
	MAC con RAP 25 % + 4 % AR con 5.5 % C.A.	0.98	3	0.73
	MAC con RAP 25 % + 5 % AR con 5.0 % C.A.	0.99	3	0.78
	MAC con RAP 25 % + 5 % AR con 5.5 % C.A.	0.98	3	0.73
	MAC con RAP 25 % + 6 % AR con 5.0 % C.A.	0.99	3	0.84
	MAC con RAP 25 % + 6 % AR con 5.5 % C.A.	0.88	3	0.34
	MAC con RAP 30 % + 4 % AR con 5.0 % C.A.	0.97	3	0.68
	MAC con RAP 30 % + 4 % AR con 5.5 % C.A.	0.81	3	0.13
	MAC con RAP 30 % + 5 % AR con 5.0 % C.A.	0.96	3	0.64
	MAC con RAP 30 % + 5 % AR con 5.5 % C.A.	0.84	3	0.22
	MAC con RAP 30 % + 6 % AR con 5.0 % C.A.	0.96	3	0.64
MAC con RAP 30 % + 6 % AR con 5.5 % C.A.	0.96	3	0.64	

La Tabla 5.34, presenta estos resultados para todos los parámetros evaluados respecto a los vacíos en la mezcla, incluyendo el porcentaje de vacíos, vacíos de material agregado compactado y vacíos llenos de cemento asfáltico. Aquí es posible visualizar que en todos los casos, los resultados de significancia son mayores o iguales al 5 % ajustándose a una distribución normal y por lo tanto, la hipótesis específica “b” será evaluada mediante la aplicación de una prueba paramétrica.

Tabla 5.34. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para las propiedades de vacíos.

Grupos		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Vacíos (%)	MAC con RAP 20 % + 4 % AR con 5.5 % C.A.	0.85	3	0.25
	MAC con RAP 20 % + 4 % AR con 6.0 % C.A.	0.82	3	0.15
	MAC con RAP 20 % + 5 % AR con 5.0 % C.A.	0.96	3	0.62
	MAC con RAP 20 % + 5 % AR con 5.5 % C.A.	0.77	3	0.05
	MAC con RAP 20 % + 6 % AR con 5.0 % C.A.	0.81	3	0.14
	MAC con RAP 20 % + 6 % AR con 5.5 % C.A.	0.95	3	0.58
	MAC con RAP 25 % + 4 % AR con 5.0 % C.A.	0.92	3	0.45
	MAC con RAP 25 % + 4 % AR con 5.5 % C.A.	0.99	3	0.77
	MAC con RAP 25 % + 5 % AR con 5.0 % C.A.	0.99	3	0.78
	MAC con RAP 25 % + 5 % AR con 5.5 % C.A.	0.99	3	0.77
	MAC con RAP 25 % + 6 % AR con 5.0 % C.A.	0.99	3	0.83
	MAC con RAP 25 % + 6 % AR con 5.5 % C.A.	0.89	3	0.34
	MAC con RAP 30 % + 4 % AR con 5.0 % C.A.	0.97	3	0.65
	MAC con RAP 30 % + 4 % AR con 5.5 % C.A.	0.81	3	0.15
	MAC con RAP 30 % + 5 % AR con 5.0 % C.A.	0.96	3	0.62
	MAC con RAP 30 % + 5 % AR con 5.5 % C.A.	0.84	3	0.22
	MAC con RAP 30 % + 6 % AR con 5.0 % C.A.	0.93	3	0.50
MAC con RAP 30 % + 6 % AR con 5.5 % C.A.	0.91	3	0.42	
VMA (%)	MAC con RAP 20 % + 4 % AR con 5.5 % C.A.	0.87	3	0.30
	MAC con RAP 20 % + 4 % AR con 6.0 % C.A.	0.83	3	0.18
	MAC con RAP 20 % + 5 % AR con 5.0 % C.A.	0.96	3	0.61
	MAC con RAP 20 % + 5 % AR con 5.5 % C.A.	0.77	3	0.05
	MAC con RAP 20 % + 6 % AR con 5.0 % C.A.	0.80	3	0.10

	MAC con RAP 20 % + 6 % AR con 5.5 % C.A.	0.96	3	0.61
	MAC con RAP 25 % + 4 % AR con 5.0 % C.A.	0.92	3	0.46
	MAC con RAP 25 % + 4 % AR con 5.5 % C.A.	0.98	3	0.76
	MAC con RAP 25 % + 5 % AR con 5.0 % C.A.	0.99	3	0.81
	MAC con RAP 25 % + 5 % AR con 5.5 % C.A.	0.98	3	0.74
	MAC con RAP 25 % + 6 % AR con 5.0 % C.A.	0.99	3	0.83
	MAC con RAP 25 % + 6 % AR con 5.5 % C.A.	0.89	3	0.34
	MAC con RAP 30 % + 4 % AR con 5.0 % C.A.	0.96	3	0.64
	MAC con RAP 30 % + 4 % AR con 5.5 % C.A.	0.82	3	0.16
	MAC con RAP 30 % + 5 % AR con 5.0 % C.A.	0.97	3	0.66
	MAC con RAP 30 % + 5 % AR con 5.5 % C.A.	0.86	3	0.26
	MAC con RAP 30 % + 6 % AR con 5.0 % C.A.	0.95	3	0.58
	MAC con RAP 30 % + 6 % AR con 5.5 % C.A.	0.92	3	0.46
VLCA (%)	MAC con RAP 20 % + 4 % AR con 5.5 % C.A.	0.82	3	0.17
	MAC con RAP 20 % + 4 % AR con 6.0 % C.A.	0.82	3	0.16
	MAC con RAP 20 % + 5 % AR con 5.0 % C.A.	0.95	3	0.59
	MAC con RAP 20 % + 5 % AR con 5.5 % C.A.	0.78	3	0.06
	MAC con RAP 20 % + 6 % AR con 5.0 % C.A.	0.80	3	0.12
	MAC con RAP 20 % + 6 % AR con 5.5 % C.A.	0.96	3	0.62
	MAC con RAP 25 % + 4 % AR con 5.0 % C.A.	0.91	3	0.42
	MAC con RAP 25 % + 4 % AR con 5.5 % C.A.	0.99	3	0.77
	MAC con RAP 25 % + 5 % AR con 5.0 % C.A.	0.99	3	0.79
	MAC con RAP 25 % + 5 % AR con 5.5 % C.A.	0.99	3	0.78
	MAC con RAP 25 % + 6 % AR con 5.0 % C.A.	1.00	3	0.87
	MAC con RAP 25 % + 6 % AR con 5.5 % C.A.	0.89	3	0.35
	MAC con RAP 30 % + 4 % AR con 5.0 % C.A.	0.97	3	0.64
	MAC con RAP 30 % + 4 % AR con 5.5 % C.A.	0.81	3	0.14
	MAC con RAP 30 % + 5 % AR con 5.0 % C.A.	0.97	3	0.67
	MAC con RAP 30 % + 5 % AR con 5.5 % C.A.	0.84	3	0.23
	MAC con RAP 30 % + 6 % AR con 5.0 % C.A.	0.92	3	0.46
	MAC con RAP 30 % + 6 % AR con 5.5 % C.A.	0.93	3	0.47

La Tabla 5.35, cuenta con los resultados de la prueba de normalidad Shapiro-Wilk aplicada en los registros del parámetro de rigidez de las mezclas asfálticas en caliente evaluadas. De este modo, fue posible comprobar que los registros de rigidez de todas las mezclas asfálticas en caliente evaluadas tienen una significancia mayor a 0.05, por lo que todos los valores de este parámetro se ajustan a un tipo de distribución normal, y serán evaluadas mediante una prueba paramétrica.

Tabla 5.35. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la rigidez.

Grupos		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Estabilidad/flujo (kg/cm)	MAC con RAP 20 % + 4 % AR con 5.5 % C.A.	0.91	3	0.42
	MAC con RAP 20 % + 4 % AR con 6.0 % C.A.	0.99	3	0.84
	MAC con RAP 20 % + 5 % AR con 5.0 % C.A.	1.00	3	1.00
	MAC con RAP 20 % + 5 % AR con 5.5 % C.A.	0.97	3	0.68
	MAC con RAP 20 % + 6 % AR con 5.0 % C.A.	0.97	3	0.69
	MAC con RAP 20 % + 6 % AR con 5.5 % C.A.	0.85	3	0.25
	MAC con RAP 25 % + 4 % AR con 5.0 % C.A.	0.96	3	0.63
	MAC con RAP 25 % + 4 % AR con 5.5 % C.A.	0.99	3	0.79
	MAC con RAP 25 % + 5 % AR con 5.0 % C.A.	0.91	3	0.42
	MAC con RAP 25 % + 5 % AR con 5.5 % C.A.	0.89	3	0.34
	MAC con RAP 25 % + 6 % AR con 5.0 % C.A.	0.97	3	0.65

MAC con RAP 25 % + 6 % AR con 5.5 % C.A.	0.83	3	0.20
MAC con RAP 30 % + 4 % AR con 5.0 % C.A.	1.00	3	0.92
MAC con RAP 30 % + 4 % AR con 5.5 % C.A.	0.93	3	0.48
MAC con RAP 30 % + 5 % AR con 5.0 % C.A.	0.88	3	0.31
MAC con RAP 30 % + 5 % AR con 5.5 % C.A.	0.97	3	0.68
MAC con RAP 30 % + 6 % AR con 5.0 % C.A.	0.88	3	0.32
MAC con RAP 30 % + 6 % AR con 5.5 % C.A.	1.00	3	0.87

Por último, fue realizada la prueba de normalidad Shapiro-Wilk en los resultados de la relación polvo – asfalto. En este caso la prueba determinó que, al existir datos muy similares, estos no se ajustan a una distribución normal y serán evaluadas mediante una prueba no paramétrica.

Tabla 5.36. Prueba de normalidad Shapiro-Wilk para la relación polvo – asfalto.

Grupos		Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Relación polvo - asfalto	MAC con RAP 20 % + 4 % AR con 5.5 % C.A.		3	
	MAC con RAP 20 % + 4 % AR con 6.0 % C.A.		3	
	MAC con RAP 20 % + 5 % AR con 5.0 % C.A.		3	
	MAC con RAP 20 % + 5 % AR con 5.5 % C.A.		3	
	MAC con RAP 20 % + 6 % AR con 5.0 % C.A.		3	
	MAC con RAP 20 % + 6 % AR con 5.5 % C.A.		3	
	MAC con RAP 25 % + 4 % AR con 5.0 % C.A.		3	
	MAC con RAP 25 % + 4 % AR con 5.5 % C.A.		3	
	MAC con RAP 25 % + 5 % AR con 5.0 % C.A.		3	
	MAC con RAP 25 % + 5 % AR con 5.5 % C.A.		3	
	MAC con RAP 25 % + 6 % AR con 5.0 % C.A.		3	
	MAC con RAP 25 % + 6 % AR con 5.5 % C.A.		3	
	MAC con RAP 30 % + 4 % AR con 5.0 % C.A.		3	
	MAC con RAP 30 % + 4 % AR con 5.5 % C.A.		3	
	MAC con RAP 30 % + 5 % AR con 5.0 % C.A.		3	
	MAC con RAP 30 % + 5 % AR con 5.5 % C.A.		3	
	MAC con RAP 30 % + 6 % AR con 5.0 % C.A.		3	
	MAC con RAP 30 % + 6 % AR con 5.5 % C.A.		3	

### 5.6.2. Hipótesis específica “a”

Siendo planteadas las hipótesis:

$H_1$ : El agente rejuvenecedor modifica el peso específico de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.

$H_0$ : El agente rejuvenecedor no modifica el peso específico de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.

La Tabla 5.37 presenta los resultados de la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, debido a que los datos del peso específico de las mezclas asfálticas en caliente elaboradas con distintas proporciones de pavimento asfáltico reciclado, agente rejuvenecedor y contenido de cemento asfáltico no se ajustaban a un tipo de distribución normal. En esa línea, se aprecia que la significancia es inferior a 0.05, siendo 0.00, lo que significa que

existen grandes diferencias entre los distintos pesos específicos evaluados de cada una de las muestras.

Tabla 5.37. Prueba Kruskal-Wallis para la hipótesis específica “a”.

<b>N total</b>	54
<b>Estadístico de prueba</b>	48.17 <sup>a</sup>
<b>Grado de libertad</b>	17
<b>Sig. asintótica (prueba bilateral)</b>	0.00

a. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.

A partir de estos resultados es que se acepta la hipótesis alterna  $H_i$  que menciona: El agente rejuvenecedor modifica el peso específico de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito. Pues la prueba no paramétrica pudo comprobar que las modificaciones existentes entre las diferentes muestras no sobrepasan un nivel de significancia del 5 %, por lo que se concluyen que el agente rejuvenecedor modifica el peso específico de las mezclas asfálticas en caliente recicladas para bajos volúmenes de tránsito.

### 5.6.3. Hipótesis específica “b”

Siendo planteadas las hipótesis:

$H_i$ : El agente rejuvenecedor altera la cantidad de vacíos de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.

$H_0$ : El agente rejuvenecedor no altera la cantidad de vacíos de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.

Es que se realizó la prueba paramétrica ANOVA de un factor para los registros de los porcentajes de vacíos estudiados en el ensayo Marshall. De este modo, es que se presentan los resultados de la prueba en la Tabla 5.38, teniendo una significancia menor a 0.05 en las tres propiedades evaluadas, por lo que estadísticamente hablando nos indican que existen alteraciones de estos parámetros entre los grupos de muestras analizadas.

Tabla 5.38. ANOVA de un factor para la hipótesis específica “b”.

		Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Vacíos (%)	Entre grupos	37.02	17	2.18	12.66	0.00
	Dentro de grupos	6.19	36	0.17		
	Total	43.21	53			
VMA (%)	Entre grupos	244.97	17	14.41	110.79	0.00

	Dentro de grupos	4.68	36	0.13		
	Total	249.66	53			
VLCA (%)	Entre grupos	1706.89	17	100.41	27.80	0.00
	Dentro de grupos	130.03	36	3.61		
	Total	1836.92	53			

En ese sentido, se acepta la hipótesis alterna  $H_i$  que dice: El agente rejuvenecedor altera la cantidad de vacíos de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito. Pues la prueba ANOVA aplicada sobre los registros de las propiedades de porcentajes de vacíos, vacíos de material agregado compactado y vacíos llenos de cemento asfáltico, dio como resultados niveles de significancia inferiores al 5 %, en otras palabras, el agente rejuvenecedor conduce a alteraciones sobre la cantidad de vacíos encontrada en las mezclas asfálticas recicladas para las vías para bajo volumen de tránsito.

#### 5.6.4. Hipótesis específica “c”

Siendo planteadas las hipótesis:

$H_i$ : El agente rejuvenecedor afecta la rigidez de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.

$H_0$ : El agente rejuvenecedor no afecta la rigidez de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.

Es que se realizó la prueba paramétrica ANOVA de un factor en los datos obtenidos de los ensayos Marshall desarrollados en el laboratorio para la propiedad de rigidez, o también denominada como la relación de estabilidad entre el flujo. La Tabla 5.39, evidencia que existen cambios significativos de este parámetro entre todas las mezclas asfálticas en caliente con pavimento asfáltico reciclado y agente rejuvenecedor, teniendo una significancia de 0.00, menor a 0.05.

Tabla 5.39. ANOVA de un factor para la hipótesis específica “c”.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	38644490.00	17	2273205.29	62.63	0.00
Dentro de grupos	1306583.33	36	36293.98		
Total	39951073.33	53			

A partir de este análisis, es que se acepta la hipótesis alterna  $H_i$  que dice: El agente rejuvenecedor afecta la rigidez de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito. Dado que con un nivel de significancia menor al 5 %, queda en evidencia que el agente rejuvenecedor afecta la rigidez de las mezclas asfálticas evaluadas.

### 5.6.5. Hipótesis específica “d”

Siendo planteadas las hipótesis:

H<sub>i</sub>: El agente rejuvenecedor varía la concentración de filler de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.

H<sub>0</sub>: El agente rejuvenecedor no varía la concentración de filler de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.

Fueron evaluados los registros de la relación polvo – asfalto con la prueba estadística no paramétrica Kruskal-Wallis. En la Tabla 5.40 se tienen los resultados de esta prueba, llegando a tener un nivel de significancia de 0.00, siendo menor a 0.05, por lo que se determina que el agente rejuvenecedor varía la relación de polvo – asfalto, en otras palabras, varía la concentración de filler de las distintas muestras estudiadas.

Tabla 5.40. Prueba Kruskal-Wallis para la hipótesis específica “d”.

<b>N total</b>	54
<b>Estadístico de prueba</b>	53.00 <sup>a</sup>
<b>Grado de libertad</b>	17
<b>Sig. asintótica (prueba bilateral)</b>	0.00

a. Las estadísticas de prueba se ajustan para empates.

Con estos resultados, es que se acepta la hipótesis alterna H<sub>i</sub> que dice: El agente rejuvenecedor varía la concentración de filler de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito. Pues la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, dio como resultado una significancia inferior al 5 %, lo que se traduce en variaciones en la relación polvo asfalto debido a la aplicación de distintas dosis de agente rejuvenecedor.

## **CAPÍTULO VI: ANALISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

### **6.1. Variación del peso específico de la mezcla asfáltica reciclada con agente rejuvenecedor**

El peso específico puede comprenderse como la densidad de la mezcla asfáltica, por eso se mide como el peso en un volumen específico. Esta propiedad es muy importante para su control en obra, pues mediante ella se obtiene un rendimiento duradero de la mezcla asfáltica (Asphalt Institute 1992). Su control en obra es relativamente complicado, pues es difícil replicar los valores exactos que se obtienen en laboratorio, por ello su medición solo es un porcentaje de dicho valor.

Los resultados obtenidos en el desarrollo de la presente investigación pueden observarse en la Tabla 5.25, donde se desarrolla de manera detallada la variación de esta propiedad. Además, se puede destacar la tendencia del uso de RAP y el agente rejuvenecedor (AR), denotándose de manera general que el peso específico depende de la cantidad de RAP en su composición, pues a medida que su valor se incrementa, el peso específico disminuye. Un punto medio observado en la investigación fue el asfalto con 25 % RAP + 6 % AR, pues su valor promedio fue de  $2.280 \text{ g/cm}^3$ , valor que es similar a lo establecido para un asfalto convencional; pero que no es estandarizado en las normas peruanas, el asfalto MAC con RAP 20 % + 4 % AR fue quien mayor peso específico logro con un resultado de  $2.415 \text{ g/cm}^3$ , mientras que, el asfalto MAC con RAP 30 % + 6 % AR obtuvo el menor valor con  $2.285 \text{ g/cm}^3$ .

Estadísticamente, se ha podido comprobar que el uso del agente rejuvenecedor tiene incidencia significativa en el peso específico, pues se obtuvo valores de

significancia menor a 0.05, tal como se muestra en la Tabla 5.37. Estos resultados concuerdan con lo establecido por Pau Salguero (2020), quien en su investigación pudo establecer el valor de la densidad del asfalto con agregado reciclado de la mezcla de asfalto con el uso de agregado reciclado fue de  $2.83 \text{ g/cm}^3$ , el cual es un valor muy cercano a lo determinado para el asfalto con 25 % RAP + 6 % AR.

En tal sentido, los resultados estimados han demostrado que el uso del agente rejuvenecedor con una dosificación de RAP en su composición menor a 25 %, incrementa el peso específico de la mezcla de asfalto.

## **6.2. Determinación de la influencia del agente rejuvenecedor en la cantidad de vacíos de las mezclas asfálticas recicladas**

La cantidad de vacíos en la mezcla asfáltica es un aspecto de gran relevancia, pues está relacionada con su durabilidad y densidad. Además, la presencia de un gran porcentaje permite el paso de agua y aire, mientras que una reducción origina la impermeabilidad de la mezcla, lo cual puede originar exudación al momento de su puesta en campo (Asphalt Institute 1992). Otro aspecto relevante es que la evaluación de este parámetro comprende el análisis de los vacíos, los vacíos de material agregado (VMA) y los vacíos llenos de cemento asfáltico (VLCA)

Los resultados obtenidos en laboratorio de los vacíos, los vacíos de material agregado y los vacíos llenos de cemento asfáltico se muestran en la Figura 5.61, Figura 5.62 y la Figura 5.63 respectivamente; de todas ellas, se destaca el comportamiento de la mezcla asfáltica con 25 % RAP + 6 % AR, pues los valores obtenidos respectivamente fueron de 4.50 %, 18.50 % y 76 %; cantidades que se encuentran dentro de los rangos establecidos por la normativa vigente, especialmente el porcentaje de vacíos, cuyo rango recomendado es de 3 % a 5 %, por otro lado el asfalto con mayor porcentaje de vacíos fue MAC con RAP 25 % + 4 % AR con un porcentaje de 5.00 % y el menor MAC con RAP 20 % + 4 % AR con 2.50 %.

Desde el punto de vista estadístico, el análisis ANOVA demuestra que el uso de agente rejuvenecedor modifica de manera significativa el porcentaje de vacíos de la mezcla asfáltica, tal como se puede observar en la Tabla 5.38, demostrándose que el uso desproporcionado del aditivo, puede presentar un comportamiento desfavorable de la mezcla. Los resultados descritos concuerdan con lo estimado por Pau Salguero (2020),

pues en su investigación pudo estimar que el valor del asfalto con RAP para el porcentaje de vacíos, VMA y VLCA, fue de 4.3 %, 16.1 % y 73 %, respectivamente.

### **6.3. Incidencia del agente rejuvenecedor en la rigidez de las mezclas asfálticas recicladas**

La rigidez de la mezcla asfáltica tiene como parte de su comportamiento el análisis de la estabilidad y el flujo. La estabilidad es una propiedad de relevancia pues indica la capacidad de resistir el desplazamiento y deformación bajo cargas de tránsito, por lo que, si no posee valores aceptables puede generar mezclas que desarrollen ahuellamientos y ondulaciones (Asphalt Institute, 1992). Por su parte, el flujo mide la deformación de la mezcla asfáltica antes de que llegue al punto de falla.

El análisis de laboratorio muestra que la estabilidad para todos los grupos analizados supera el valor mínimo recomendado por el Manual de Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos (ver Figura 5.64), siendo el valor más destacado lo obtenido con el asfalto + 25 %RAP + 6 %AR (1140 kg); asimismo el flujo estimado (ver Figura 5.65) se encuentra dentro del rango recomendado (2 a 5 mm). Con dichos valores se ha podido estimar los valores de rigidez para todos los grupos analizados, en el que se destaca la proporción de asfalto RAP y agente rejuvenecedor ya mencionada, debido a que se ajusta a un valor adecuado dentro del rango recomendado, el mayor valor se observó en los asfaltos MAC con RAP 30 % + 4 % AR y MAC con RAP 30 % + 5 % AR cuyo valor fue 3969 kg/cm y el valor más bajo lo obtuvo el asfalto MAC con RAP 20 % + 6 % AR con un resultado de 3108 kg/cm con una relación estabilidad/flujo.

En general, se puede mencionar que la estabilidad, el flujo y la rigidez, cumplen de manera adecuada con los parámetros recomendados, pues se puede observar variaciones significativas, tal como se muestra en la Tabla 5.39; este comportamiento difiere con estimado por Pau Salguero (2020), quien en su investigación obtuvo una estabilidad de 1272.10 kg, 2.95 pulgadas de flujo y 3984 kg/cm de rigidez, sin embargo, es dable mencionar que son valores cercanos a los determinados; lo cual otorgan validez a los resultados obtenidos, especialmente al considerar la dosificación de asfalto +25 % RAP + 6 % de AR.

### **6.4. Estimación de la influencia del agente rejuvenecedor en la concentración de filler en las propiedades de mezclas asfálticas recicladas**

La cantidad de filler en la mezcla asfáltica es un aspecto de gran relevancia, pues está relacionada con la rigidez, por lo que su presencia es fundamental para obtener un comportamiento adecuado; sin embargo, su exceso puede originar mezclas muy rígidas y frágiles, por eso, la norma vigente establece un rango de control relacionando el polvo con la cantidad de asfalto (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014).

Los resultados que se han obtenido muestran que el comportamiento de este parámetro se mantiene constante en todos los grupos analizados, destacando que el porcentaje con mejor comportamiento fue de 1.22, el cual se ha obtenido al considerar el grupo de asfalto con 25 %RAP + 6 % AR, el mayor valor alcanzado respecto a la relación polvo – asfalto (filler) se obtuvo un valor de 1.24 para el asfalto MAC con RAP 30 % + 6 % AR, y el valor más bajo fue del asfalto MAC con RAP 20 % + 4 % AR con un valor de 1.16.

De acuerdo al análisis estadístico, el cual se muestra en la Tabla 5.40, el uso de un agente rejuvenecedor incide de manera significativa en la relación polvo-asfalto, pues el valor de la significancia obtenida fue menor a 0.05; lo cual contrasta con los resultados obtenidos pues la relación obtenida entre grupos estuvo comprendida entre 1.16 y 1.24. Los resultados descritos no pudieron contrastarse con los antecedentes considerados, pues la mayoría de estos se enfocaron en la evaluación del comportamiento mecánico como la estabilidad y le flujo.

De manera concluyente, se ha demostrado que el uso de un aditivo rejuvenecedor es necesario cuando se va fabricar asfalto reciclado, pues con su uso, el betún reciclado es más trabajable y por ende facilita la aglomeración de los componentes del nuevo asfalto.

## CONCLUSIONES

1. El agente rejuvenecedor de asfalto incide en la calidad de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito, pues al considerar 25 % de RAP con 6 % AR y 5.17 % de cemento asfáltico se logra tener una MAC que cumple con lo establecido en las especificaciones técnicas generales para la construcción del MTC (2013).
2. El agente rejuvenecedor modifica el peso específico de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito, pues se encontró que en una mezcla asfáltica con 25 % de RAP al incrementar el contenido de agente rejuvenecedor se reduce el peso específico llegando a alcanzar un valor de  $2.28 \text{ g/cm}^3$  cuando se emplea 6 % de agente rejuvenecedor, valor que es significativo estadísticamente lo cual fue corroborado con la prueba no paramétrica Kruskal – Wallis lográndose obtener una significancia de 0.00, por lo tanto se acepta la hipótesis alterna  $H_i$  que menciona: El agente rejuvenecedor modifica el peso específico de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.
3. El agente rejuvenecedor altera la cantidad de vacíos de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito. Es así que, cuando se emplea 6 % de agente rejuvenecedor los vacíos en la mezcla asfáltica tienden a reducirse al igual que los vacíos de material del agregado compactado mientras que los vacíos llenos de cemento asfáltico se incrementan, estas variaciones resultaron significativas estadísticamente de acuerdo a la prueba ANOVA de un factor con una significancia de 0.00, por todo lo expuesto anteriormente se acepta la hipótesis alterna  $H_i$  que dice: El agente rejuvenecedor altera la cantidad de vacíos de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.
4. El agente rejuvenecedor afecta la rigidez de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito. Puesto que al contar con una dosificación de 6 % de agente rejuvenecedor se reduce la rigidez de la mezcla asfáltica en caliente lo cual resulta ser beneficioso además de encontrarse dentro de los límites establecidos por las especificaciones técnicas generales para la construcción del MTC (2013), debido a ello es que, se acepta la hipótesis alterna  $H_i$  que dice: El agente rejuvenecedor afecta la rigidez de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.
5. El agente rejuvenecedor varía la concentración de filler de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito. Pues al emplear una dosificación de 6 % de

agente rejuvenecedor se incrementa significativamente el contenido de filler en la mezcla asfáltica, esto de acuerdo a la prueba no paramétrica Kruskal – Wallis lográndose obtener una significancia de 0.00; además los valores obtenidos se encontraron dentro de los límites establecidos por las especificaciones técnicas generales para la construcción del MTC (2013), por todo lo mencionado anteriormente se acepta la hipótesis alterna  $H_1$  que dice: El agente rejuvenecedor varía la concentración de filler de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.

## RECOMENDACIONES

1. Es factible realizar mezclas asfálticas en caliente con hasta 25 % de RAP donde de emplear 6 % de agente rejuvenecedor se logra obtener una mezcla apta para ser empleada en vías de bajo volumen de tránsito.
2. Al reducirse el peso específico de la mezcla asfáltica reciclada con la adición de agente rejuvenecedor estaría incrementando la porosidad de la mezcla lo cual daría la posibilidad de investigar si es factible la inclusión de agentes rejuvenecedores en mezclas asfálticas permeables.
3. Al denotarse que a mayor contenido de agente rejuvenecedor al emplearse 25 % de RAP se recomienda a futuras investigaciones considerar acentuar tal aditivo pues se lograría optimizar la mezcla asfáltica reduciendo su rigidez además de cumplir con lo mínimo normado en el Perú para mezclas asfálticas en caliente.
4. Al incrementarse el contenido de filler en las mezclas asfálticas se asegura que estas se encuentren conglomeradas correctamente, no obstante, es dable realizar pruebas en campo como de fatiga y contrastar lo mencionado.
5. Un aspecto limitante respecto a la elaboración del presente proyecto está relacionado con la falta de normativas que regulen o indiquen los procedimientos de la recolección del asfalto reciclado, es por ello que se recomienda a las instituciones correspondientes su inclusión en las normativas actuales.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARGUMEDO, L., 2019. *Carpeta asfáltica reciclada y base granular reciclada para la conformación de una subbase granular óptima en la Av. Próceres del distrito de Chilca, provincia de Huancayo*. S.l.: Universidad Continental.
- ASPHALT INSTITUTE, 1992. *Manual MS-22 principios de construcción de pavimentos de mezcla asfáltica en caliente*. 1992. S.l.: s.n.
- BEJARANO, W., 2020. *Aplicación de pavimentos flexibles reciclados en la construcción de nuevos pavimentos económicos en el Perú - 2020*. Trujillo: Universidad Privada del Norte.
- BERNAL, A., 2006. *Metodología de la Investigación*. Segunda ed. México: Pearson Educación. ISBN 9592121125.
- BUITRAGO, J. y GONZÁLES, A., 2016. *Caracterización del RAP e identificación de su influencia en el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José Caldas.
- CCANTO, G., 2010. *Metodología de la investigación científica en ingeniería civil*. Lima - Perú: Gerccantom. ISBN 0260-89-330-0.
- DEAN, R. (2014). La Investigación Tecnológica en las Ciencias de la Ingeniería y la Innovación Tecnológica (Issue January 2000). <https://n9.cl/c5wr8>.
- GOMES, V. y RAMÓN, J., 2017. Uso de mezclas bituminosas recicladas ( RAP ), sin precalentamiento , rejuvenecidas con aditivo. *Asfalto y polimerización*, vol. VII, pp. 21-28.
- GONZÁLEZ, D., MELO, O. y RODRÍGUEZ, J., 2019. *Comportamiento de mezclas asfálticas con pavimento reciclado y aceite usado de motor como rejuvenecedor*. Ibagué: Universidad Cooperativa de Colombia.
- HERNANDEZ, G. y RAMIREZ, F., 2016a. *Análisis de la influencia del grado de compactación de una mezcla asfáltica en su deformación permanente y la susceptibilidad a la humedad*. Colombia: Universidad Católica de Colombia.
- HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P., 2014. *Metodología de la investigación*. 5°. México D.F.: s.n. ISBN 9786071502919.

- HUARI, R. (2020). Análisis y evaluación del desempeño de una mezcla asfáltica en caliente con RAP y una mezcla asfáltica modificada con polímero SBS PG 70-28 [Universidad Ricardo Palma]. In Universidad Ricardo Palma. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/3416>
- MÁRQUEZ, M. y URETA, N., 2018. *Estudio del efecto de rejuvenecedores en el asfalto ecuatoriano*. Guayaquil: universidad católica de Santiago de Guayaquil.
- MÉNDEZ, A., 2015. *Evaluación técnica y económica del uso del pavimento asfáltico reciclado RAP*. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada.
- MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES, 2014. *MANUAL DE CARRETERAS: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos (RD N° 10-2014 – MTC/14)*. Lima: s.n.
- MTC, 2013. *Manual de carreteras - Especificaciones técnicas generales para construcción (EG-2013)*. Tomo I. Lima - Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- ÑAUPAS, H., 2014. *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis*. 2014. Colombia: Ediciones de la U.
- PACCORI, F., 2018. *Propuesta técnica de aplicación del pavimento flexible reciclado para rehabilitación vial - Pachacamac*. S.l.: Universidad Peruana Los Andes.
- PAU SALGUERO, R., 2020. *Mejoramiento de rodadura del pavimento flexible mediante el reciclado en la av. Roosevelt, distrito de Chancay, Lima, 2020*. Lima: Universidad César Vallejo.
- RAMIREZ, M., & SILVA, L. (2022). Uso del aceite residual de cocina como rejuvenecedor para el RAP proveniente del área metropolitana de Bucaramanga [Universidad Santo Tomás]. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/43949/2022SilvaLeidy.pdf?sequence=7&isAllowed=y>.
- SANTOS, C. (2022). Evaluación del uso del aceite crudo de palma y sus derivados como rejuvenecedores en materiales con alto contenido de RAP a nivel de ligante y mortero asfáltico [Universidad de los Andes Colombia]. <http://hdl.handle.net/1992/55110>

- VASQUEZ, D. y VALDIVIESO, V., 2021. *Análisis teórico de la incorporación de aceite residual de cocina como rejuvenecedor del RAP para la creación de pavimentos sostenibles en el área metropolitana de Bucaramanga*. Bucaramanga: Universidad Santo Tomás.
- VILA, V., MERA, W. y JARAMILLO, J., 2021. Evaluation of a rejuvenator as an additive in asphalt. *Revista Ingeniería de Construcción*, vol. 36, no. 2, pp. 222-232. DOI 10.4067/s0718-50732021000200222.
- VILLAO, A., LEÓN, A., JARAMILLO, J. y VILA, R., 2017. *Características reológicas de asfaltos empleados en Ecuador*. 2017. Ecuador: s.n.

## **ANEXOS**

**Anexo N° 01: matriz de consistencia**

**Matriz de consistencia**

**Tesis: “Agente rejuvenecedor de asfalto y su influencia en la calidad de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito”**

<b>Problema</b>	<b>Objetivos</b>	<b>Hipótesis</b>	<b>Variables</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Metodología</b>
<p><b>Problema general:</b> ¿Cómo el agente rejuvenecedor de asfalto incide en la calidad de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito?</p> <p><b>Problemas específicos:</b> a) ¿Cómo modifica el agente rejuvenecedor el peso específico de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito? b) ¿Cuál es la influencia del agente rejuvenecedor en la cantidad de vacíos de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito? c) ¿Cómo incide el agente rejuvenecedor en la rigidez de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito? d) ¿En qué medida el agente rejuvenecedor influye en la concentración de filler de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito?</p>	<p><b>Objetivo general:</b> Evaluar cómo el agente rejuvenecedor de asfalto incide en la calidad de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.</p> <p><b>Objetivos específicos:</b> a) Establecer cómo el agente rejuvenecedor modifica el peso específico de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito. b) Obtener la influencia del agente rejuvenecedor en la cantidad de vacíos de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito. c) Determinar cómo incide el agente rejuvenecedor en la rigidez de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito. d) Estimar en qué medida el agente rejuvenecedor influye en la concentración de filler de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.</p>	<p><b>Hipótesis general:</b> El agente rejuvenecedor de asfalto incide en la calidad de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.</p> <p><b>Hipótesis específicas:</b> a) El agente rejuvenecedor modifica el peso específico de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito. b) El agente rejuvenecedor altera la cantidad de vacíos de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito. c) El agente rejuvenecedor afecta la rigidez de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito. d) El agente rejuvenecedor varía la concentración de filler de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito.</p>	<p><b>Variable independiente (X):</b> Agente rejuvenecedor.</p> <p><b>Variable dependiente (Y):</b> calidad de la mezcla asfáltica reciclada</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cantidad de rejuvenecedor.</li> <li>- Peso específico.</li> <li>- Rigidez.</li> <li>- Vacíos.</li> <li>- Concentración de filler.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Porcentaje de adición respecto al peso de la mezcla asfáltica.</li> <li>- Peso específico.</li> <li>- Estabilidad</li> <li>- Flujo</li> <li>- Vacíos llenos de asfalto</li> <li>- Vacíos del agregado mineral</li> <li>- Vacíos de la mezcla asfáltica</li> <li>- Relación polvo – asfalto.</li> </ul>	<p><b>Método de investigación:</b> científico.</p> <p><b>Tipo de investigación:</b> aplicada.</p> <p><b>Nivel de investigación:</b> explicativo.</p> <p><b>Diseño de investigación:</b> experimental.</p> <p><b>Población:</b> La población de la presente investigación correspondió a briquetas de mezcla asfáltica reciclada con adición de un agente rejuvenecedor; donde se estableció también la cantidad de adición óptima de agregado reciclado en su composición.</p> <p><b>Muestra:</b> De acuerdo a tipo de muestreo no probabilístico intencional se contó con un total de 108 briquetas de mezclas asfálticas en caliente donde fue posible medir mediante el ensayo Marshall sus diferentes propiedades.</p>

**Anexo N° 02: matriz de operacionalización de variables**

<b>Variable</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Unidad</b>
<b>Variable independiente:</b> Agente rejuvenecedor	Cantidad de rejuvenecedor	Porcentaje de adición respecto al peso de la mezcla asfáltica	%
<b>Variable dependiente:</b> Calidad de la mezcla asfáltica reciclada	Peso específico	Peso específico	%
	Rigidez	Estabilidad	KN
		Flujo	mm
	Vacíos	Vacíos llenos de asfalto	%
		Vacíos del agregado mineral	%
		Vacío de la mezcla asfáltica	%
Concentración de filler	Relación polvo - asfalto	Adimensional	

**Anexo N° 03: certificados de laboratorio**

	<b>AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO</b>	Código: PT-ARAICMACPVT-22-001
	<b>ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</b>	Página: 1 de 33



**INFORME:**

**DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO PARA BAJO VOLUMEN DE TRANSITO**

**PLAN DE TESIS:**

**AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO**

**TESISTA:**

**Bach. YANCE PEREZ, ESTEFANI YESSENIA**



**GMC S.A.C.**  
Ing. Jasmani Valenzuela Crisóstomo  
ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP 258544

	<b>AGENTE REJUVENECADOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO</b>	Código: PT-ARAICMACPVT-22-001
	<b>ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</b>	Página: 2 de 33

## 1. OBJETIVO

El presente informe tiene como objetivo Evaluar cómo el agente rejuvenecedor de asfalto influye en la calidad de la mezcla asfáltica reciclada para bajo volumen de tránsito. Dichos ensayos se realizaron de acuerdo a las especificaciones técnicas de la EG-2013.

## 2. ANTECEDENTES

De acuerdo al plan de tesis: AGENTE REJUVENECADOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO, La cantidad de ITERLENE ACF 1000 HP VERDE a utilizar debe ser igual a 2,0% - 2,5% del peso de RAP utilizado. En caso de alto contenido de humedad de RAP, agregar 1% de cemento en peso de RAP.

### ➤ ANALISIS DE AGREGADOS

- a) Pavimento Asfáltico Reciclado o Reclaimed Asphalt Pavement. (RAP).
- b) Agregados minerales (grava y arena)
- c) Cemento Asfaltico 85/100
- d) Rejuvenecedor (ITERLENE ACF 1000 HP VERDE)

## 3. COMPOSICION GENERAL DE LAS MEZCLAS

Las mezclas bituminosas se compondrán básicamente de: Pavimento Asfáltico Reciclado, agregados minerales, cemento asfáltico e ITERLENE ACF 1000 HP VERDE. Los distintos constituyentes se separarán por tamaño, serán graduados uniformemente y combinados en proporciones tales que la mezcla resultante, llene las exigencias de graduación para el tipo específico del solicitante. A los agregados mezclados y así compuestos, considerados por peso en 100% se deberá agregar asfalto, dentro de límites porcentuales fijados de 2% al 5% las cuales deberán encontrarse en las especificaciones para el tipo específico del material.

Se realizó el análisis de los agregados procedentes de la calle Leoncio Prado ubicada en el km 000+050, km 000+100 sentido Av. Huancavelica – Av. Ferrocarril – Chilca – Huancayo. El RAP, extraído para la evaluación de sus propiedades físicas y mecánicas fueron muestreados por personal técnico de GMC S.A.C; con participación y guía de la tesista: YANCE PEREZ, ESTEFANI YESSANIA, para su traslado a laboratorio. las cuales emitió los resultados de los ensayos realizados al diseño de mezcla asfáltica propuesto.

### a) Agregados minerales

Los agregados pétreos empleados para la ejecución de mezcla bituminosa deberá poseer una naturaleza tal, que, al aplicarse una capa de material asfáltico, esta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito, en caso de que esta circunstancia se produzca, será necesario añadir algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una buena adhesividad.

  
**GMC S.A.C.**  
Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP 258544

	<b>AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO</b>	Código: PT-ARAICMACPVT-22-001
	<b>ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</b>	Página: 3 de 33

Los agregados típicos incluyen arena, grava, piedra triturada, escoria, y polvo de roca. El agregado constituye entre el 90 y el 95 por ciento, en peso, y entre el 75 y el 85 por ciento, en volumen, de la mayoría de las estructuras de pavimento. El comportamiento de un pavimento se ve altamente influenciado por la selección apropiada del agregado, debido a que el agregado mismo proporciona la mayoría de las características de capacidad portante. (Instituto de Asfalto, 2001, p.36)

### Agregado grueso

Los agregados gruesos que se requieren para una mezcla asfáltica, de acuerdo a normatividad vigente, es el siguiente:

Tabla N°1: requerimiento de Agregado Grueso para MAC.

Ensayos	Norma		Requerimientos
	MTC	ASTM - AASHTO	
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	ASTM C-88	18% máx.
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	ASTM C-131	40% máx.
Adherencia	MTC E 516	ASTM D 4664	95
índice de Durabilidad	MTC E 214	ASTM C - 88	35% min
Partículas Chatas y Alargadas (I)	-	ASTM D-4791	10% máx.
Caras Fracturadas	MTC E 210	(ASTM D 5821)	85 / 50
Sales Solubles Totales	MTC E 219	ASTM D 1888	0.5% máx.
Absorción	MTC E 206	ASTM C 118	1% max

Fuente: MANUAL DE CARRETERAS “Especificaciones Técnicas Generales para Construcción” EG-2013

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NORMA MTC E-204 (ASTM C-136)								
TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. ASTM 3515 D-5	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
			retenido	acumulado	que pasa		TAMAÑO MÁXIMO	3/4"
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	
1"	25.400						Peso de material sin lavar 19133.00 gr	
3/4"	19.050				100.0			
1/2"	12.700	3052.0	16.0	16.0	84.0			
3/8"	9.525	5520.0	28.9	44.8	55.2			
N°4	4.760	9865.0	51.6	96.4	3.6			
N° 8	2.380	663.0	3.5	99.8	0.2			
N° 50	0.300		0.0	99.8	0.2			
N° 80	0.180							
N° 200	0.074	33.0	0.2	100.0	0.0			
< 200	-	0.0	0.0	100.0				

  
**GMC S.A.C.**  
Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP 259544

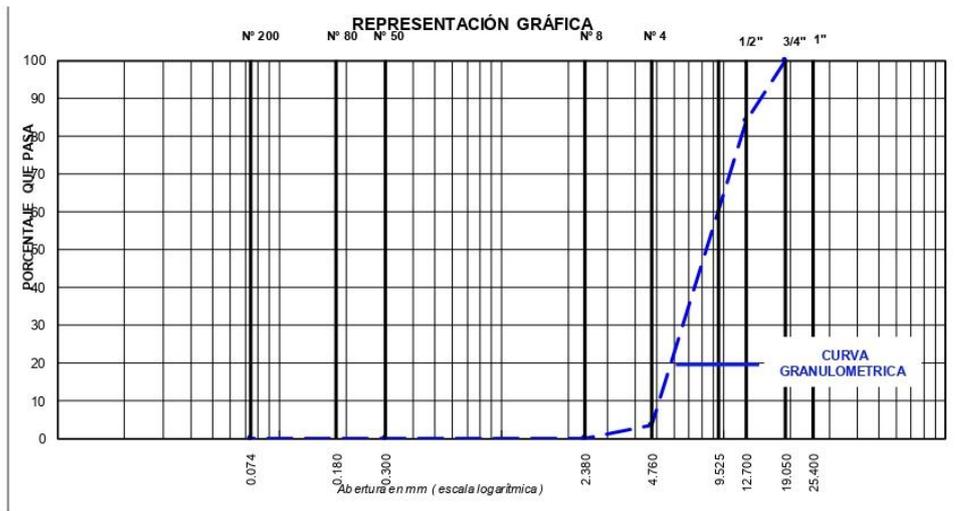


Tabla N°1.1: Resultado de Agregado Grueso para MAC.

Ensayos	Norma		Requerimientos	Resultado	Condición
	MTC	ASTM - AASHTO			
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	ASTM C-88	18% máx.	6.95	CUMPLE
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	ASTM C-131	40% máx.	25.9	CUMPLE
Adherencia	MTC E 516	ASTM D 4664	95	96	CUMPLE
Índice de Durabilidad	MTC E 214	ASTM C - 88	35% min	54	CUMPLE
Partículas Chatas y Alargadas	-	ASTM D-4791	10% máx.	2.37	CUMPLE
Caras Fracturadas	MTC E 210	(ASTM D 5821)	85 / 50	49.6 / 37.9	CUMPLE
Sales Solubles Totales	MTC E 219	ASTM D 1888	0.5% máx.	0.05	CUMPLE
Absorción	MTC E 206	ASTM C 118	1% max	0.89	CUMPLE

### Agregado Fino

Los agregados Finos que se requieren para una mezcla asfáltica, de acuerdo a normatividad vigente, es el siguiente:

Tabla N°2: requerimiento de Agregado Fino para MAC.

Ensayos	Norma		Requerimiento
	MTC	ASTM/AASHTO	
Equivalente de Arena	MTC E 114	(AASHTO - 176)	60%
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	-	30
Azul metileno	-	(AASHTO TP 57)	8 máx.
Índice de Plasticidad (Malla N° 40)	MTC E 111	ASTM D 4318	NP
Índice de Plasticidad (Malla N° 200)	MTC E 111	ASTM D 4318	4 máx
Durabilidad (a Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	-
Índice de durabilidad	MTC E 214	-	35% mín.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	ASTM D 1888	0.5 % máx.
Absorción			0.5 % máx.

Fuente: MANUAL DE CARRETERAS "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" EG-2013

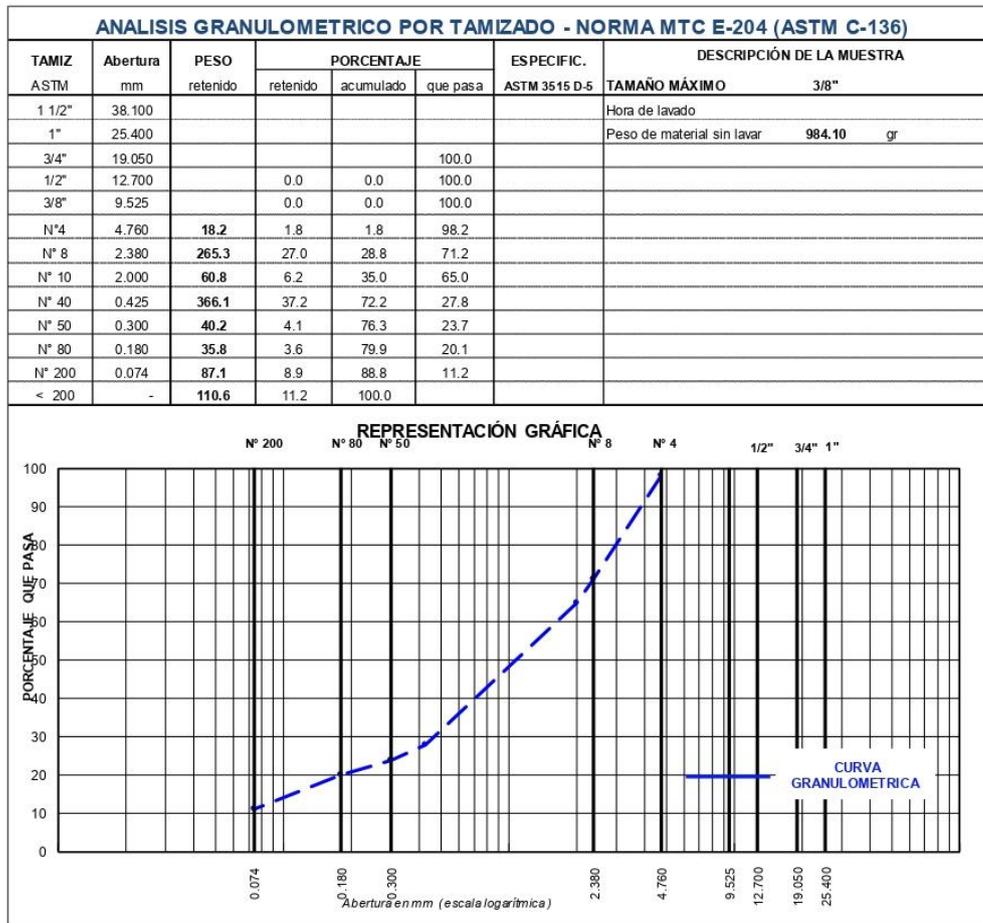


Tabla N°2.1: Resultado De Agregado Fino para MAC.

Ensayos	Norma		Requerimiento	Resultado	Condición
	MTC	ASTM/AASHTO			
Equivalente de Arena	MTC E 114	ASTM/AASHTO (AASHTO - 176)	60%	77	CUMPLE
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	-	30	48.2	CUMPLE
Azul metileno	-	(AASHTO TP 57)	8 máx.	6.78	CUMPLE
Índice de Plasticidad (Malla N° 40)	MTC E III	ASTM D 4318	NP	NP	CUMPLE
Índice de Plasticidad (Malla N° 200)	MTC E III	ASTM D 4318	4 máx	NP	CUMPLE
Durabilidad (a Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	-	4.98	CUMPLE
Índice de durabilidad	MTC E 214	-	35% mín.	46	CUMPLE
Salas Solubles Totales	MTC E 219	ASTM D 1888	0.5 % máx.	0.13	CUMPLE
Absorción			0.5 % máx.	0.452	CUMPLE

	<b>AGENTE REJUVENECADOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO</b>	Código: PT-ARAICMACPVT-22-001
	<b>ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</b>	Página: 6 de 33

#### 4. RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICOS EN CALIENTE

Se entiende por “Reciclado de Pavimentos Asfálticos en Caliente” al proceso mediante el cual los materiales recuperados de capas asfálticas de pavimentos deteriorados o de mezclas nuevas que no han sido utilizadas por ser un excedente o por no haber cumplido con las especificaciones de proyecto, son mezclados con agregado virgen, asfalto nuevo y/o agentes rejuvenecedores, en las proporciones adecuadas, para producir nuevas mezclas en caliente que cumplan con los requerimientos de calidad, resistencia y durabilidad exigidos para el tipo de capa en que serán utilizados.

##### 4.1 Presentación de resultados

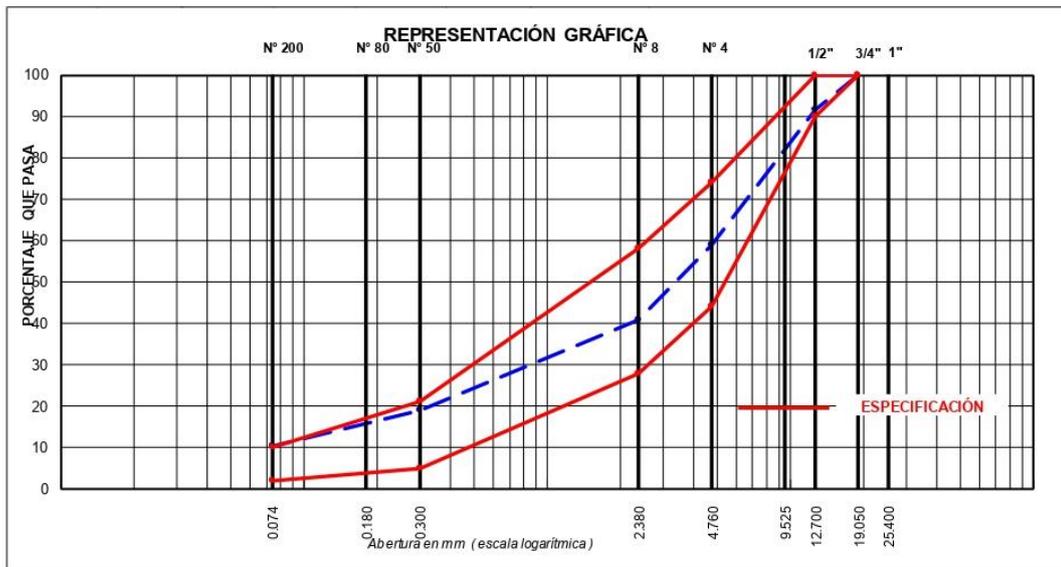
Los que se muestran a continuación provienen del plan de tesis titulada “AGENTE REJUVENECADOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”, presentada por el tesista YANCE PEREZ, ESTEFANI YESSANIA (2022); esto nos sirve para evaluar una nueva mezcla asfáltica con el 10%, 20% y 30% de pavimento asfáltico reciclado (RAP) y a su vez determinar el porcentaje de costo que se reduce al realizar la técnica de reciclaje en caliente y su reutilización

##### 4.1.1 Contenido de Asfalto Extraído del RAP

El asfalto extraído que se tomó como muestra representativa es de 1274.8 gr. de pavimento asfáltico reciclado (RAP), nos da como resultado un total de 70.3 gr. que expresado en porcentaje representa el 5.51% de contenido de asfalto.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NORMA MTC E-204 (ASTM C-136)								
TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. ASTM 3515 D-5	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
			retenido	acumulado	que pasa		TAMAÑO MÁXIMO	3/4"
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	
1"	25.400						Peso de material sin lavar 1274.80 gr	
3/4"	19.050				100.0	100	Peso de material lavado 1204.50 gr	
1/2"	12.700	102.1	8.5	8.5	91.5	90 - 100		
3/8"	9.525	126.7	10.5	19.0	81.0		Peso del asfalto 70.3 gr	
Nº4	4.760	265.2	22.0	41.0	59.0	44 - 74		
Nº 8	2.380	217.6	18.1	59.1	40.9	28 - 58		
Nº 50	0.300	264.8	22.0	81.1	18.9	5 - 21	Grava Triturada < 3/4" 41.0 %	
Nº 80	0.180						Arena Triturada < 3/8" 59.0 %	
Nº 200	0.074	103.1	8.6	89.6	10.4	2 - 10	Contenido de asfalto 5.51 %	
< 200	-	125.0	10.4	100.0			Relación Polvo - Asfalto 1.88 %	

  
**GMC S.A.C.**  
Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP: 259544



#### 4.1.2 Gradación de los agregados extraídos para diseño del RAP (ASTM D3515 Gradación D-5)

La calidad de los materiales de aportación ha de corregir las deficiencias del material a reciclar, de manera que la mezcla final presente características que se sitúen dentro de las tolerancias admitidas para las mezclas totalmente nuevas. Deben agregarse agregados vírgenes a la mezcla debido a las siguientes razones:

- Mejora de la granulometría.
- Calidad de los agregados.
- Exceso de filler en el RAP.
- Ligante

Las especificaciones técnicas que han de cumplir los agregados son las mismas que las que habrían de cumplir los agregados de una mezcla convencional.

TAMIZ		ESPECIFICACIONES ASTM D - 3515		Variación permisible en % en peso total de los áridos
		D-4		
(Pulg)	(mm)	Mín	Máx.	
1"	25.4	100	100	+/-5
3/4"	19	90	100	+/-5
1/2"	12.5	-	-	+/-5
3/8"	9.5	56	80	
N° 04	4.75	35	65	+/-5
N° 08	2.36	23	49	+/-4
N° 10	2			
N° 40	0.425			
N° 50	0.3	5	19	+/-3
N° 80	0.18			
N° 200	0.075	2	8	+/-2

**4.2. Diseño Mezcla Asfáltica con 20% de RAP**

<b>RESULTADOS DISEÑO ASFALTO + OP 20 % RAP + AR 4 %</b>				
	<b>20% RAP</b>	<b>20% RAP</b>	<b>20% RAP</b>	<b>20% RAP</b>
Uso Granulométrico	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4
Ligante bituminoso	85/100	85/100	85/100	85/100
Aditivo Rejuvenecedor	ITERLENE ACF 1000 HP VERDE			
% de Aditivo (en peso del C.A.)	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
% Optimo de C.A.	4.50%	5.00%	5.50%	6.00%
Peso Unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.381	2.394	2.412	2.408
Vacios (%)	5.25	4.14	2.49	2.24
V.M.A. (%)	14.3	14.3	14.1	14.7
V.C.A. (%)	63.4	71.1	82.4	84.8
Flujo	1.9	3.1	1.16	1.06
Estabilidad	1442.7	1379.8	1304.9	1103.9

<b>RESULTADOS DISEÑO ASFALTO + OP 20 % RAP + AR 5 %</b>				
	<b>20% RAP</b>	<b>20% RAP</b>	<b>20% RAP</b>	<b>20% RAP</b>
Uso Granulométrico	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4
Ligante bituminoso	85/100	85/100	85/100	85/100
Aditivo Rejuvenecedor	ITERLENE ACF 1000 HP VERDE			
% de Aditivo (en peso del C.A.)	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
% Optimo de C.A.	4.50%	5.00%	5.50%	6.00%
Peso Unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.385	2.392	2.394	2.405
Vacios (%)	6.02	5.15	4.13	3.32
V.M.A. (%)	14.2	14.4	14.8	14.8
V.C.A. (%)	57.6	64.3	72.2	77.7
Flujo	2.2	3.4	4.1	5.2
Estabilidad	1345	1224.3	1135.1	1140.4

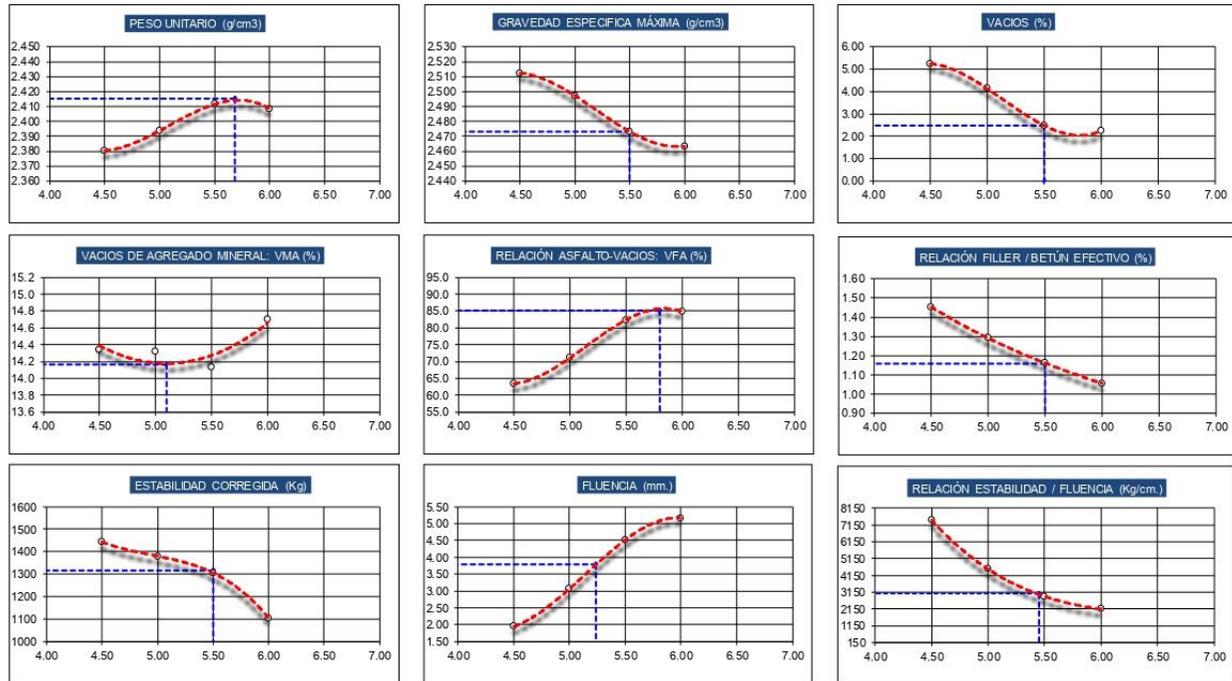
<b>RESULTADOS DISEÑO ASFALTO + OP 20 % RAP + AR 6 %</b>				
	<b>20% RAP</b>	<b>20% RAP</b>	<b>20% RAP</b>	<b>20% RAP</b>
Uso Granulométrico	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4
Ligante bituminoso	85/100	85/100	85/100	85/100
Aditivo Rejuvenecedor	ITERLENE ACF 1000 HP VERDE			
% de Aditivo (en peso del C.A.)	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%
% Optimo de C.A.	4.50%	5.00%	5.50%	6.00%
Peso Unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.380	2.386	2.390	2.405
Vacios (%)	6.19	5.39	4.30	3.32
V.M.A. (%)	14.3	14.6	14.9	14.8
V.C.A. (%)	56.9	63.1	71.2	77.7
Flujo	2.2	3.4	4.1	5.2
Estabilidad	1374.7	1285	1070	1050.6



  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP. 259544

	<b>AGENTE REJUVENECADOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO</b>	Código: PT-ARAICMACPVT-22-001
	<b>ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</b>	Página:9 de 33

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + OP 20 % RAP + AR 4% - ASTM D3515-D4**



RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño N° 1)				
	-0.3%	OPTIMO % C.A.	+ 0.3%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO	35	35	35	35
CEMENTO ASFÁLTICO	5.36	5.56	5.76	(+/- 0.2%)
PESO UNITARIO		2.415		
VACIOS		2.5		3 - 5
V.M.A		14.2		Mín 14
VACIOS LLENOS CON C.A. V.F.A.		85.0		
FLUENCIA		3.80		2 - 4
ESTABILIDAD		1316		Mín. 453
RELACION ESTABILIDAD / FLUENCIA		3463		1,700 - 4000
INDICE DE COMPACTIBILIDAD		5.62		Mín. 5
ESTABILIDAD RETENIDA, 24 horas a 60°C		--		Mín. 75
RESISTENCIA, TRACCIÓN INDIRECTA				Mín. 80
Finos / Ligante		1.16		0.6 - 1.3

PARTICIPACIÓN DE AGREGADOS, FILLER Y CEMENTO ASFÁLTICO	
<b>DOSIFICACION</b>	
Grava triturada 1"	32.0 %
RAP triturada 3/4"	20.0 %
Arena Triturada 3/8"	46.8 %
FILLER - CAL	1.16 %
Agente Rejuvenecedor ITERLENE ACF	2.0 %
Cemento Asfáltico	5.56 %

  
**Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo**  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544



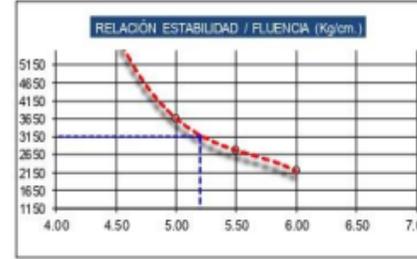
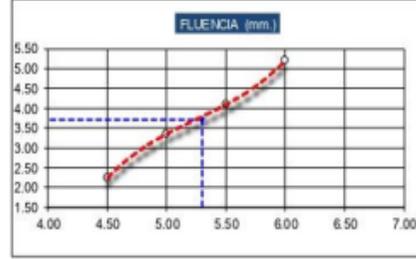
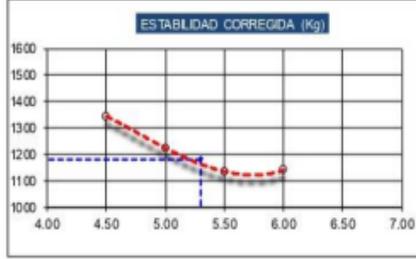
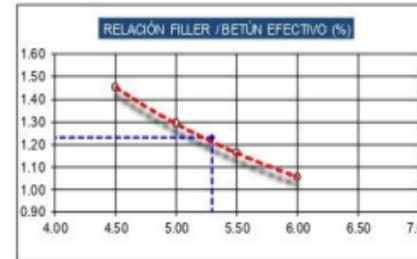
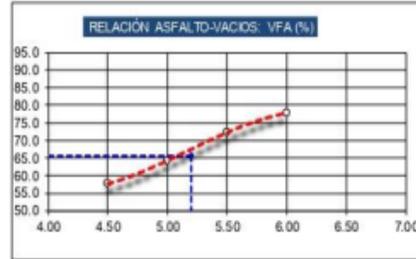
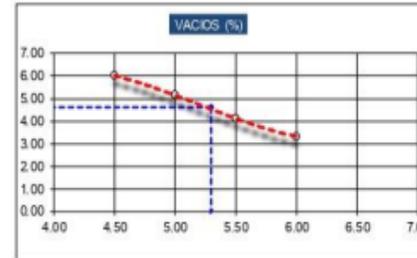
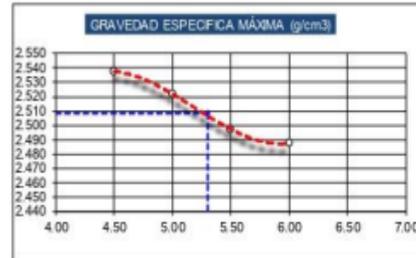
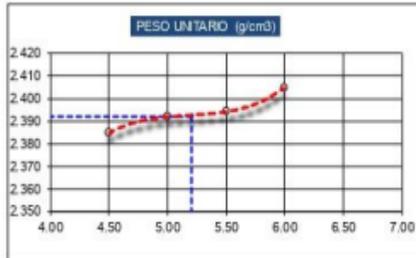
**AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO**

Código:  
PT-ARAICMACPVT-22-001

**ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS**

Página:10 de 33

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + OP 20 % RAP + AR 5% - ASTM D3515-D4**



RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño N° 2)				
	-0.3%	ÓPTIMO % C.A.	+0.3%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO	35	35	35	35
CEMENTO ASFÁLTICO	5.07	5.27	5.47	(+/-0.2%)
PESO UNITARIO		2.392		
VACIOS		4.6		3 - 5
V.M.A.		14.5		Mín 14
VACIOS LLENOS CON C.A. V.F.A.		65.5		
FLUENCIA		3.70		2 - 4
ESTABILIDAD		1180		Mín. 450
RELACION ESTABILIDAD / FLUENCIA		3189		1,700 - 4,000
INDICE DE COMPACTIBILIDAD		5.65		Mín. 5
ESTABILIDAD RETENIDA, 24 horas a 60°C		--		Mín. 75
RESISTENCIA, TRACCIÓN INDIRECTA		--		Mín. 80
Finos / Ligante		1.23		0.6 - 1.3

PARTICIPACIÓN DE AGREGADOS, FILLER Y CEMENTO ASFÁLTICO	
<b>DOSIFICACION</b>	
Grava triturada 1"	32.0 %
RAP triturada 3/4"	20.0 %
Arena Triturada 3/8"	46.8 %
FILLER - CAL	1.16 %
Agente Rejuvenecedor ITERLENE ACF	2.0 %
Cemento Asfáltico	5.27 %

**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544



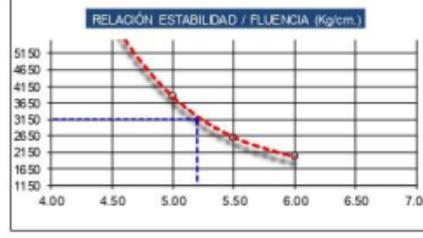
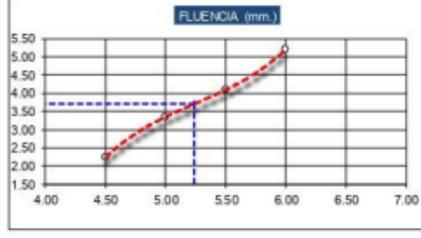
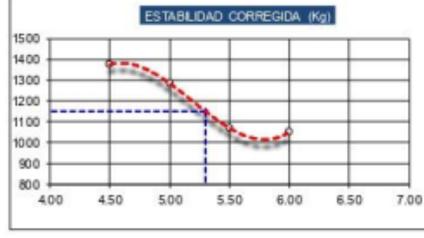
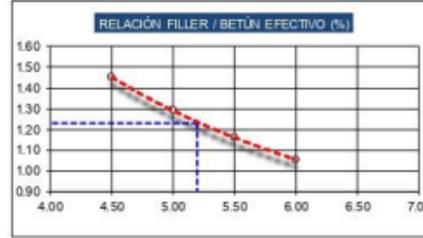
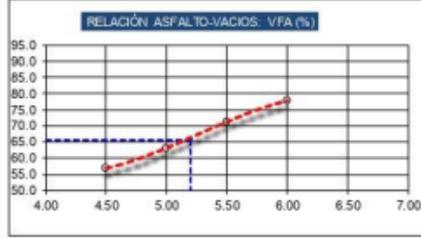
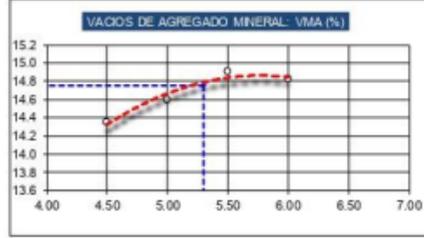
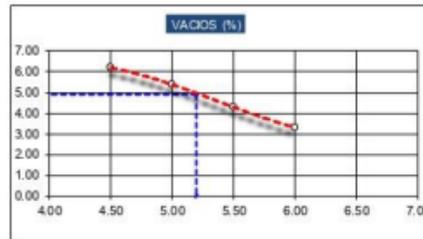
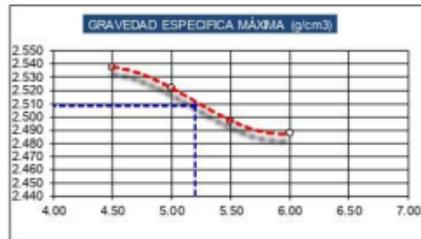
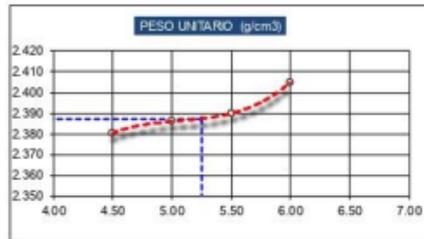
**AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO**

Código:  
PT-ARAICMACPVT-22-001

**ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS**

Página:11 de 33

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + OP 20 % RAP + AR 6% - ASTM D3515-D4**



RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño N° 3)				
	-0.3%	OPTIMO % C.A.	+0.3%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO	35	35	35	35
CEMENTO ASFÁLTICO	5.05	5.25	5.45	(±0.2%)
PESO UNITARIO		2.387		
VACIOS		4.9		3 - 5
V.M.A.		14.8		Mín 14
VACIOS LLENOS CON C.A. V.F.A.		65.5		
FLUENCIA		3.78		2 - 4
ESTABILIDAD		1150		Mín. 433
RELACIÓN ESTABILIDAD / FLUENCIA		308		1,700 - 4,000
ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD		5.65		Mín. 5
ESTABILIDAD RETENIDA, 24 horas a 60°C		--		Mín. 75
RESISTENCIA, TRACCIÓN INDIRECTA		--		Mín. 80
Finos / Ligante		1.23		0.6 - 1.3

PARTICIPACIÓN DE AGREGADOS, FILLER Y CEMENTO ASFÁLTICO		
DOSIFICACION		
Grava triturada 1"	32.9	%
RAP triturada 3/4"	20.0	%
Arena Triturada 3/8"	46.8	%
FILLER - CAL	1.16	%
Agente Rejuvenecedor ITERLENE ACF	2.0	%
Cemento Asfáltico	5.25	%

**Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo**  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544

**4.3. Diseño Mezcla asfáltica con 25% del RAP.**

RESULTADOS DISEÑO ASFALTO + DP 25 % RAP + AR 4 %				
	25% RAP	25% RAP	25% RAP	25% RAP
Uso Granulométrico	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4
Ligante bituminoso	85/100	85/100	85/100	85/100
Aditivo Rejuvenecedor	ITERLENE ACF 1000 HP VERDE			
% de Aditivo (en peso del C.A.)	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
% Optimo de C.A.	4.50%	5.00%	5.50%	6.00%
Peso Unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.279	2.282	2.284	2.291
Vacios (%)	5.74	5.52	4.81	3.68
V.M.A. (%)	18	18.3	18.7	18.9
V.C.A. (%)	68.4	69.9	74.2	80.5
Flujo	2.1	2.8	4.0	5.0
Estabilidad	1174	1184.1	1189.2	1101.1

RESULTADOS DISEÑO ASFALTO + DP 25 % RAP + AR 5 %				
	25% RAP	25% RAP	25% RAP	25% RAP
Uso Granulométrico	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4
Ligante bituminoso	85/100	85/100	85/100	85/100
Aditivo Rejuvenecedor	ITERLENE ACF 1000 HP VERDE			
% de Aditivo (en peso del C.A.)	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
% Optimo de C.A.	4.50%	5.00%	5.50%	6.00%
Peso Unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.30	2.299	2.288	2.295
Vacios (%)	4.82	4.32	3.88	3.20
V.M.A. (%)	17.2	17.7	18.5	18.7
V.C.A. (%)	72.1	75.6	79.1	82.9
Flujo	2.0	2.9	4.0	5.0
Estabilidad	1442.7	1360.8	1311.7	1201.8

RESULTADOS DISEÑO ASFALTO + DP 25 % RAP + AR 6 %				
	25% RAP	25% RAP	25% RAP	25% RAP
Uso Granulométrico	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4
Ligante bituminoso	85/100	85/100	85/100	85/100
Aditivo Rejuvenecedor	ITERLENE ACF 1000 HP VERDE			
% de Aditivo (en peso del C.A.)	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%
% Optimo de C.A.	4.50%	5.00%	5.50%	6.00%
Peso Unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.292	2.281	2.287	2.297
Vacios (%)	5.17	5.08	3.94	3.08
V.M.A. (%)	17.5	18.4	18.6	18.6
V.C.A. (%)	70.5	72.4	78.8	83.5
Flujo	2.3	3.1	4.1	5.0
Estabilidad	1153	1173.7	1081.5	1011.2



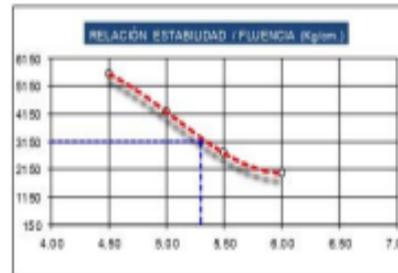
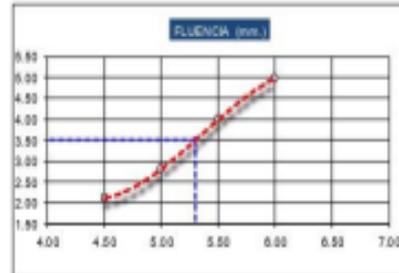
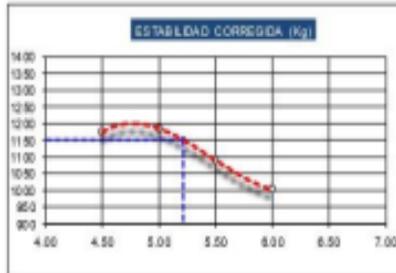
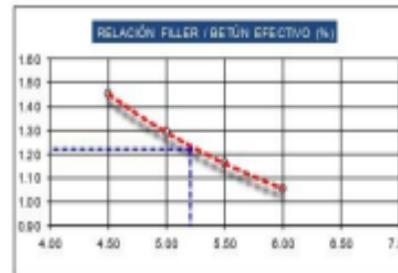
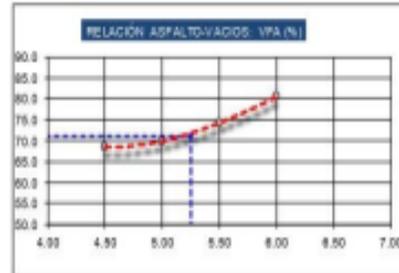
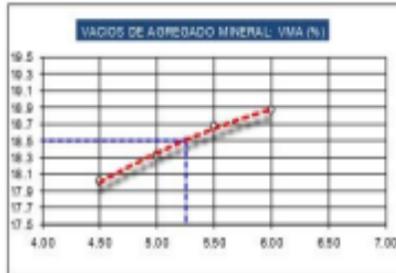
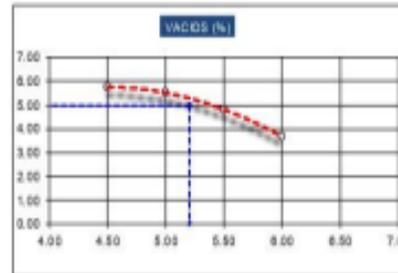
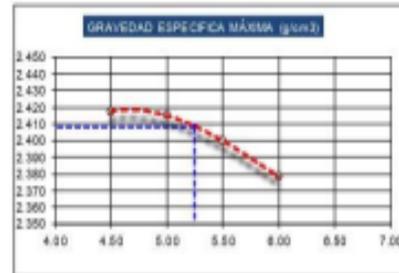
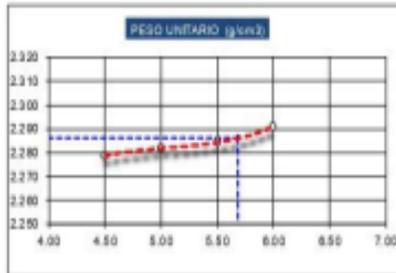
**AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO**

Código:  
PT-ARA/CMACPV-22-001

**ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS**

Página:13 de 33

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + OP 25 % RAP + AR 4% - ASTM D3515-D4**



RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño N° 1)				
	-0.2%	OPTIMO % C.A.	+0.2%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO	35	35	35	35
CEMENTO ASFÁLTICO	5.07	5.07	5.07	(4-6.2%)
PESO UNITARIO		2.284		
VACIOS		5.0		3 - 5
VMA		18.5		mín 14
VACIOS LLENOS CON C.A. VFA		71.0		
FLUENCIA		2.50		2 - 4
ESTABILIDAD		1158		mín. 600
RELACION ESTABILIDAD / FLUENCIA		328		1.70 - 4.00
ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD		5.02		mín. 3
ESTABILIDAD RETENIDA 24 horas a 60°C		---		Mín. 75
RESISTENCIA TRACCIÓN INDIRECTA		---		Mín. 80
Procs./U.gm <sup>3</sup>		1.02		0.8 - 1.3

PARTICIPACIÓN DE AGREGADOS, FILLER Y CEMENTO ASFÁLTICO	
DOSIFICACION	
Grava triturada 1"	18.0 %
RAP triturada 3/4"	25.0 %
arena triturada 3/8"	56.1 %
FILLER - CAL	1.80 %
Agente Rejuvenecedor ITERLENE ACF	2.0 %
Cemento Asfáltico	5.37 %

**GMC S.A.C.**
  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisóstomo
   
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS
   
 CIP. 259544



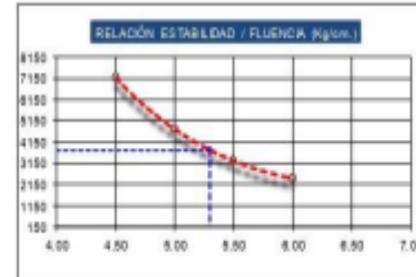
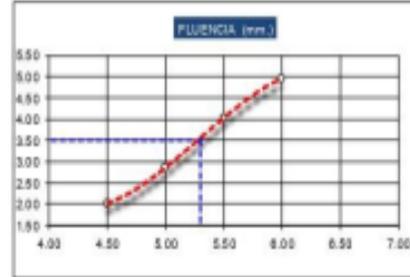
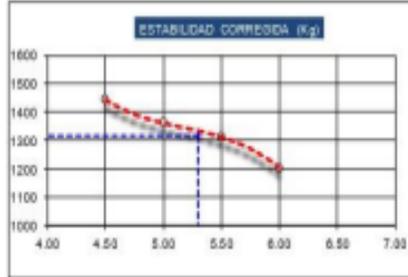
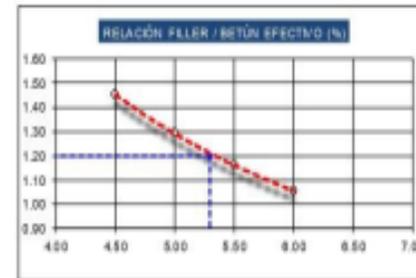
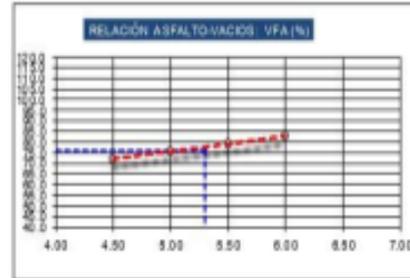
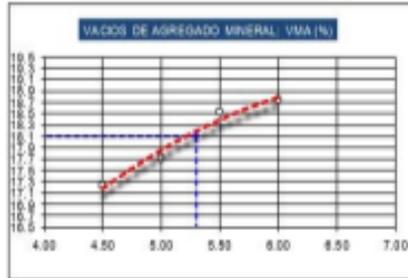
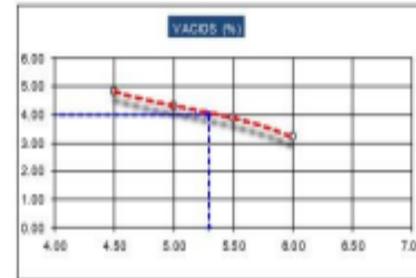
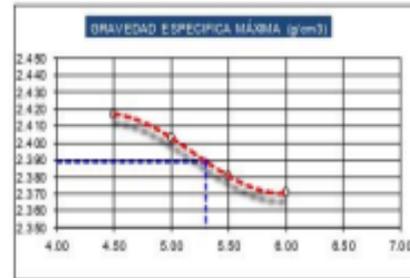
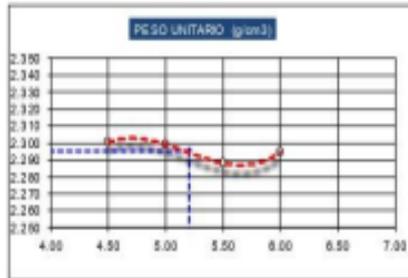
**AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO**

Código:  
PT-ARAICMACPVT-22-001

**ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS**

Página:14 de 33

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + OP 25 % RAP + AR 5% - ASTM D3515-D4**



RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño N° 2)				
	-0.2%	ÓPTIMO % CA	+0.2%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO	35	35	35	35
CEMENTO ASFÁLTICO	5.87	5.27	5.47	(4-6.2%)
PESO UNITARIO		2.285		
VACIOS		4.6		3 - 5
V.M.A.		16.1		Mín 16
VACIOS LLENOS CON C A Y F A		76.0		
FLUENCIA		3.30		2 - 4
ESTABILIDAD		1216		Mín. 800
RELACIÓN ESTABILIDAD / FLUENCIA		370		1,200 - 4,000
ÍNDICE DE COMPACTABILIDAD		0.62		Mín. 1
ESTABILIDAD RETENIDA, 24 horas a 85°C		-		Mín. 75
RESISTENCIA, TRACCIÓN INDIRECTA		-		Mín. 80
Finos / Ligante		1.20		0.6 - 1.3

PARTICIPACIÓN DE AGREGADOS, FILLER Y CEMENTO ASFÁLTICO	
DOSIFICACION	
Grava triturada 1"	58.0 %
RAP" triturada 3/4"	25.0 %
Arena Triturada 3/8"	55.1 %
FILLER - CAL	1.88 %
Agente Rejuvenecedor (TERLENE ACF)	2.0 %
Cemento Asfáltico	5.27 %

**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544



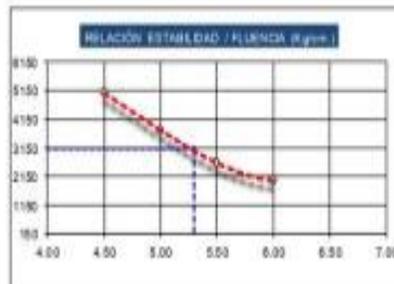
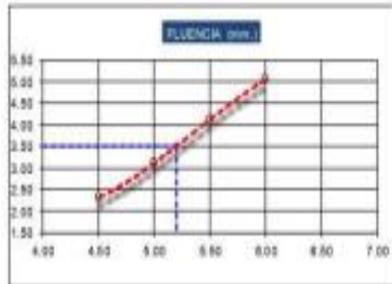
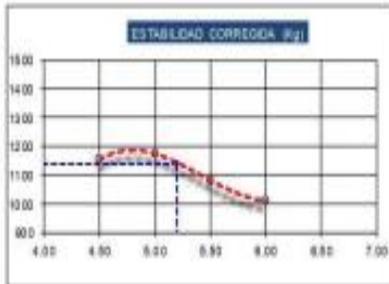
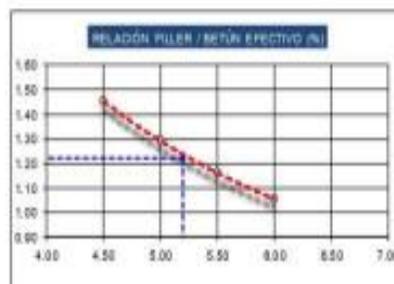
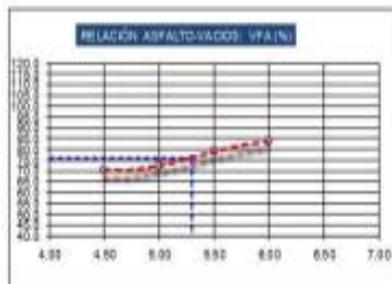
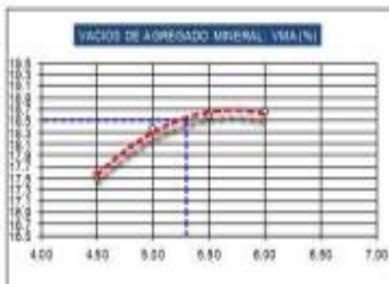
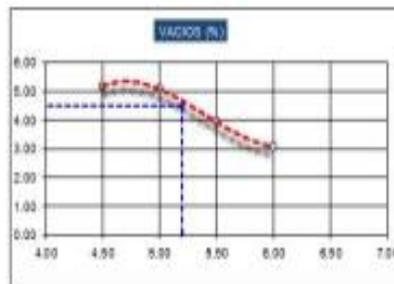
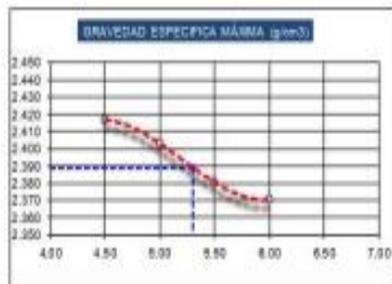
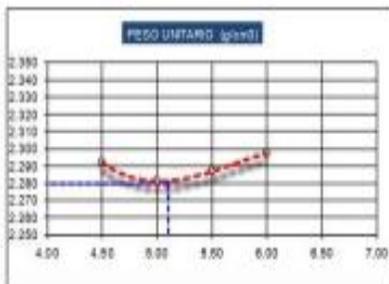
**AGENTE REJUVENECADOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO**

Código:  
PT-ARA/CMACPVT-22-001

ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS

Página: 15 de 33

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + OP 25 % RAP + AR 6% - ASTM D3515-D4**



RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño N° 3)				
	-2.5%	ÓPTIMO %	+2.5%	ESPECIFICACION
SOLDES POR LADO	25	25	25	25
CEMENTO ASFÁLTICO	4.97	5.17	5.37	(4-6.2%)
PESO UNITARIO	2.28			
VACIOS	4.5			3 - 5
V.M.A.	16.5			máx. 22
VACIOS LLENOS CON C.A. Y F.A.	76.0			
FLUENCIA	3.50			2 - 4
ESTABILIDAD	1160			Máx. 650
RELACION ESTABILIDAD / FLUENCIA	327			1700 - 4000
INDICE DE COMPACTABILIDAD	6.62			máx. 5
ESTABILIDAD RETENIDA, 24 horas a 80°C	-			máx. 75
RESISTENCIA TRACCIÓN INDIRECTA	-			máx. 30
Fines / Ligante	1.22			68 - 12

PARTICIPACIÓN DE AGREGADOS, FILLER Y CEMENTO ASFÁLTICO	
DESIGNECIÓN	
Grava triturada 1"	18.9 %
RAP triturada 3/4"	25.9 %
Arena Triturada 3/16"	55.1 %
FILLER - CAL	1.08 %
Agente Rejuvenecedor ITERLENE ACF	2.4 %
Cemento Asfáltico	5.17 %

**GMC S.A.C.**
  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo
   
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS
   
 CIP: 259544

**4.4. Diseño de Mezcla asfáltica con 30% del RAP.**

<b>RESULTADOS DISEÑO ASFALTO + OP 30 % RAP + AR 4 %</b>				
	<b>30% RAP</b>	<b>30% RAP</b>	<b>30% RAP</b>	<b>30% RAP</b>
Uso Granulométrico	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4
Ligante bituminoso	85/100	85/100	85/100	85/100
Aditivo Rejuvenecedor	ITERLENE ACF 1000 HP VERDE			
% de Aditivo (en peso del C.A.)	4.00%	4.00%	4.00%	4.00%
% Optimo de C.A.	4.50%	5.00%	5.50%	6.00%
Peso Unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.331	2.276	2.237	2.224
Vacios (%)	5.83	4.61	4.17	3.31
V.M.A. (%)	16.1	18.5	20.3	21.2
V.C.A. (%)	63.8	75.2	79.6	84.4
Flujo	2.1	2.7	3.7	5.1
Estabilidad	1476.2	1322.1	1214.7	1093.6

<b>RESULTADOS DISEÑO ASFALTO + OP 30 % RAP + AR 5 %</b>				
	<b>30% RAP</b>	<b>30% RAP</b>	<b>30% RAP</b>	<b>30% RAP</b>
Uso Granulométrico	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4
Ligante bituminoso	85/100	85/100	85/100	85/100
Aditivo Rejuvenecedor	ITERLENE ACF 1000 HP VERDE			
% de Aditivo (en peso del C.A.)	5.00%	5.00%	5.00%	5.00%
% Optimo de C.A.	4.50%	5.00%	5.50%	6.00%
Peso Unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.354	2.284	2.240	2.209
Vacios (%)	4.89	4.26	4.06	3.98
V.M.A. (%)	15.3	18.3	20.2	21.8
V.C.A. (%)	68	76.6	79.9	81.7
Flujo	2.4	2.9	3.7	5.0
Estabilidad	1477.2	1370.8	1266.4	1089

<b>RESULTADOS DISEÑO ASFALTO + OP 30 % RAP + AR 6 %</b>				
	<b>30% RAP</b>	<b>30% RAP</b>	<b>30% RAP</b>	<b>30% RAP</b>
Uso Granulométrico	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4	ASTM D3515 -D4
Ligante bituminoso	85/100	85/100	85/100	85/100
Aditivo Rejuvenecedor	ITERLENE ACF 1000 HP VERDE			
% de Aditivo (en peso del C.A.)	6.00%	6.00%	6.00%	6.00%
% Optimo de C.A.	4.50%	5.00%	5.50%	6.00%
Peso Unitario (g/cm <sup>3</sup> )	2.362	2.285	2.240	2.212
Vacios (%)	4.60	4.20	4.04	3.82
V.M.A. (%)	15.11	18.2	20.2	21.6
V.C.A. (%)	69.4	76.9	80	82.3
Flujo	2.6	2.9	3.9	5.1
Estabilidad	1494.8	1415.2	1297.2	1047.0



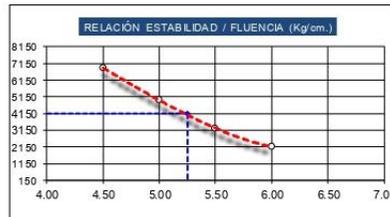
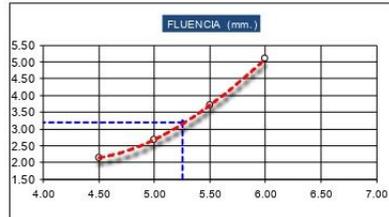
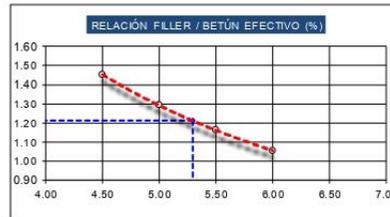
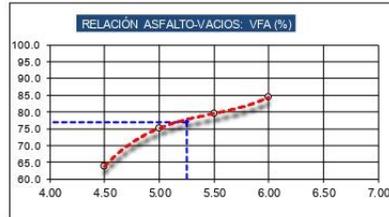
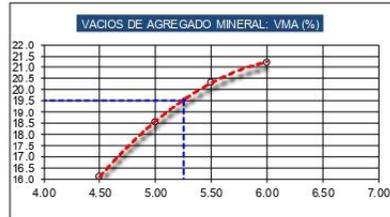
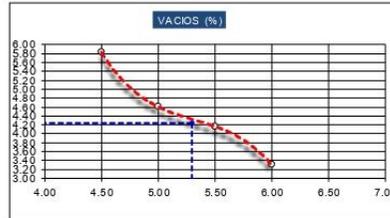
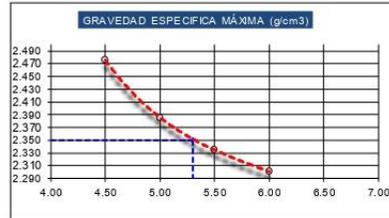
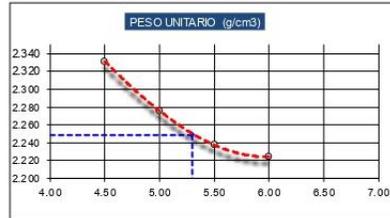
**AGENTE REJUVENECADOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO**

Código:  
PT-ARAICMACPVT-22-001

**ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS**

Página:17 de 33

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + OP 30 % RAP + AR 4 % - ASTM D3515-D4**



RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño N° 1)				
	-0.3%	OPTIMO % C.A.	+ 0.3%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO	35	35	35	35
CEMENTO ASFÁLTICO	5.10	5.30	5.50	(+/- 0.2%)
PESO UNITARIO		2.248		
VACIOS		4.3		3 - 5
V.M.A.		19.5		Min 14
VACIOS LLENOS CON C.A. V.F.A.		77.0		
FLUENCIA		3.20		2 - 4
ESTABILIDAD		1270		Min. 453
RELACIÓN ESTABILIDAD / FLUENCIA		3969		1,700 - 4,000
INDICE DE COMPACTABILIDAD		5.62		Min. 5
ESTABILIDAD RETENIDA, 24 horas a 60°C		---		Min. 75
RESISTENCIA, TRACCIÓN INDIRECTA		---		Min. 80
Finos / Ligante		1.21		0.6 - 1.3

PARTICIPACIÓN DE AGREGADOS, FILLER Y CEMENTO ASFÁLTICO	
<b>DOSIFICACION</b>	
Grava triturada 1"	18.0 %
RAP triturada 3/4"	25.0 %
Arena Triturada 3/8"	55.1 %
<b>FILLER - CAL</b>	
Agente Rejuvenecedor ITERLENE ACF	6.0 %
Cemento Asfáltico	5.30 %

**GMC S.A.C.**
  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo
   
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS
   
 CIP 258544



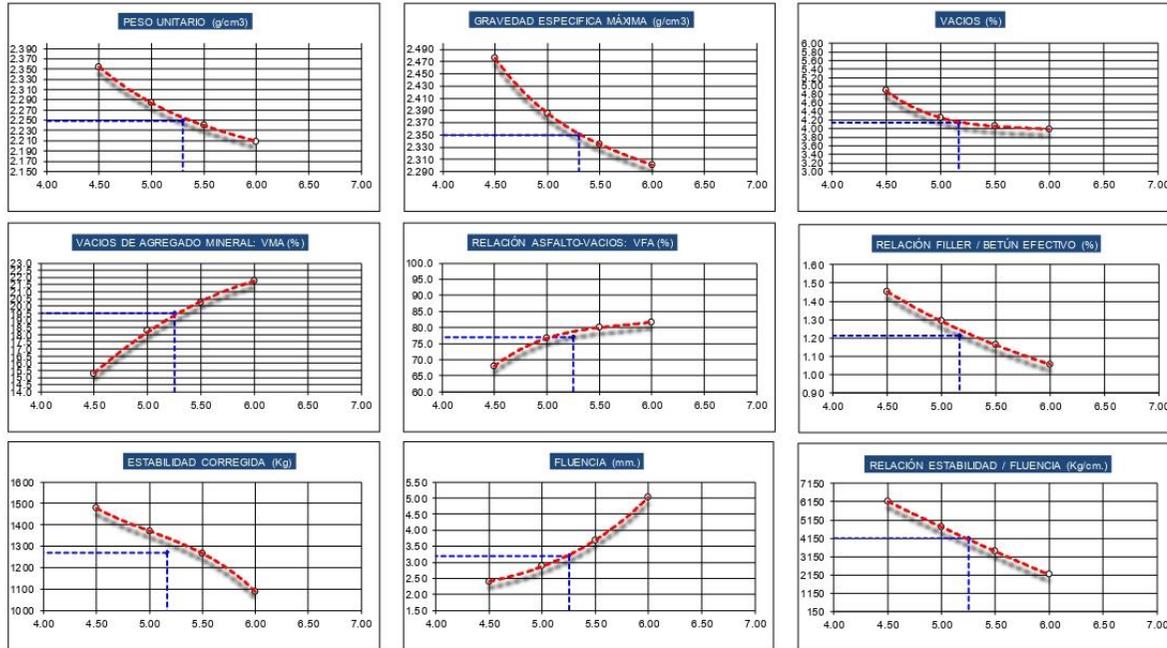
**AGENTE REJUVENECADOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO**

Código:  
PT-ARAICMACPVT-22-001

**ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS**

Página: 18 de 33

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + OP 30 % RAP + AR 5 % - ASTM D3515-D4**



RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño N° 2)				
	-0.3%	OPTIMO % C.A.	+0.3%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO	35	35	35	35
CEMENTO ASFÁLTICO	5.01	5.21	5.41	(+/- 0.2%)
PESO UNITARIO		2.248		
VACIOS		4.2		3 - 5
V.M.A.		19.5		Min 14
VACIOS LLENOS CON C.A. V.F.A.		77.0		
FLUENCIA		3.20		2 - 4
ESTABILIDAD		1270		Min. 453
RELACIÓN ESTABILIDAD / FLUENCIA		3969		1,700 - 4,000
INDICE DE COMPACTIBILIDAD		5.62		Min. 5
ESTABILIDAD RETENIDA, 24 horas a 60°C		---		Min. 75
RESISTENCIA, TRACCIÓN INDIRECTA		---		Min. 80
Finos / Ligante		1.21		0.6 - 1.3

PARTICIPACIÓN DE AGREGADOS, FILLER Y CEMENTO ASFÁLTICO		
DOSIFICACION		
Grava triturada 1"	18.0	%
RAP triturada 3/4"	25.0	%
Arena Triturada 3/8"	55.1	%
FILLER - CAL	1.88	%
Agente Rejuvenecedor ITERLENE ACF	6.0	%
Cemento Asfáltico	5.21	%

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP. 258544



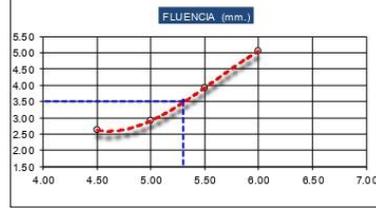
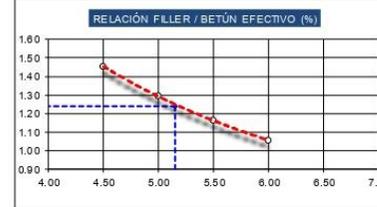
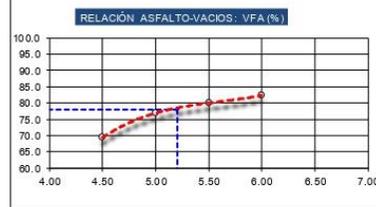
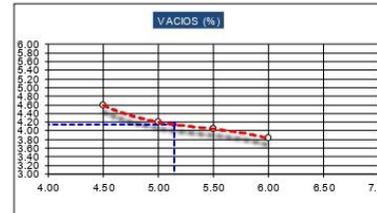
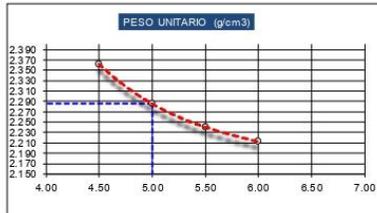
**AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO**

Código:  
PT-ARAICMACPVT-22-001

**ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS**

Página:19 de 33

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + OP 30 % RAP + AR 6 % - ASTM D3515-D4**



RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño N° 3)				
	- 0.3%	OPTIMO % C.A.	+ 0.3%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO	35	35	35	35
CEMENTO ASFÁLTICO	4.93	5.13	5.33	(± 0.2%)
PESO UNITARIO	2.285			
VACIOS	4.2			3 - 5
V.M.A	19.0			Mín 14
VACIOS LLENOS CON C.A. V.F.A	78.0			
FLUENCIA	3.50			2 - 4
ESTABILIDAD	1350			Mín. 453
RELACIÓN ESTABILIDAD / FLUENCIA	3857			1,700 - 4,000
INDICE DE COMPACTIBILIDAD	5.62			Mín. 5
ESTABILIDAD RETENIDA, 24 horas a 60°C	--			Mín. 75
RESISTENCIA TRACCIÓN INDIRECTA	--			Mín. 80
Finos / Ligante	1.24			0.6 - 1.3

PARTICIPACIÓN DE AGREGADOS, FILLER Y CEMENTO ASFÁLTICO		
<b>DOSIFICACION</b>		
Grava triturada 1"	18.0	%
RAP triturada 3/4"	25.0	%
Arena Triturada 3/8"	55.1	%
FILLER - CAL	1.88	%
Agente Rejuvenecedor ITERLENE ACF	6.0	%
Cemento Asfáltico	5.13	%

**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544

## 5. ENSAYOS ESPECIALES REALIZADOS A LA MEZCLA ASFÁLTICA

### a. MÓDULO RESILIENTE

#### Alcances

El módulo resiliente es el parámetro utilizado con el fin de representar las propiedades de los suelos de la subrasante en el diseño de pavimentos flexibles. Para determinarlo, la guía recomienda realizar el ensayo AASHTO T274 [82] sobre una muestra representativa, la cual estará sometida a una carga de duración definida bajo determinadas condiciones de esfuerzo y humedad.

Este ensayo fue desarrollado a los efectos de estudiar una propiedad del material que describa mejor el comportamiento del suelo bajo cargas dinámicas de ruedas. Una rueda que se mueve imparte un pulso dinámico a todas las capas del pavimento y a la subrasante. Como respuesta a este pulso dinámico, cada capa de pavimento sufre una deflexión. El pulso de solicitaciones varía desde un valor muy bajo hasta un máximo en un breve período en función de la velocidad del vehículo.

Este no es un ensayo a rotura y las muestras no fallan durante la ejecución del mismo, el ensayo provee una indicación del comportamiento del material bajo cargas repetidas. A medida que el material está sujeto a la acción de la carga, se deforma y recupera cuando se quita la carga, sin embargo, el material nunca se recupera a su forma original y alguna deformación permanente (no recuperable) ocurre. Esta deformación se denomina plástica, mientras que la deformación recuperable es la deformación "resiliente". La magnitud relativa de las deformaciones plástica y resiliente influyen el comportamiento del material.

#### i. RESULTADOS DE ENSAYO MÓDULO RESILIENTE (TDM)

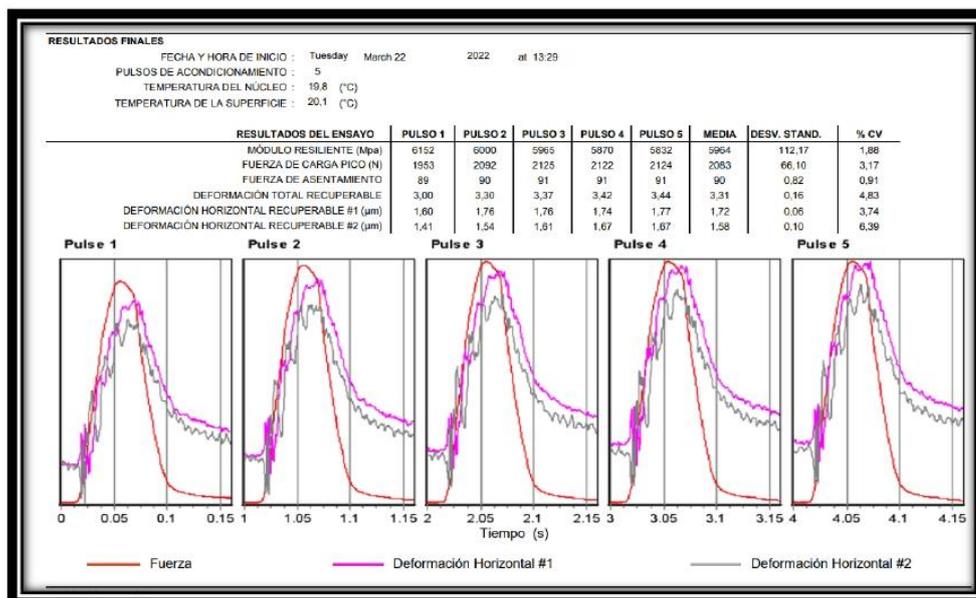
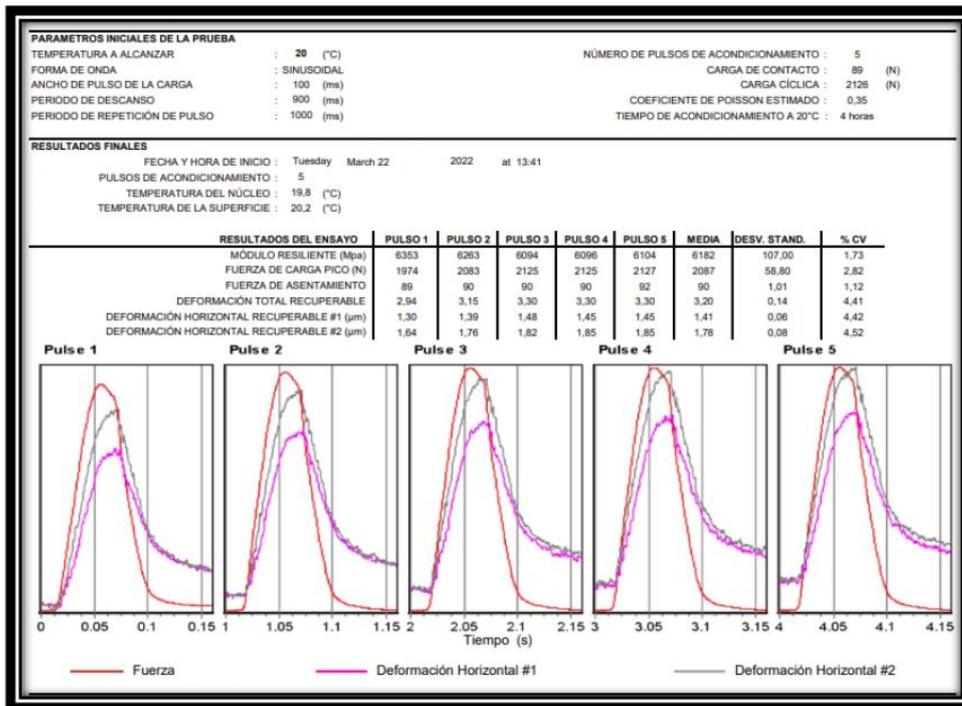
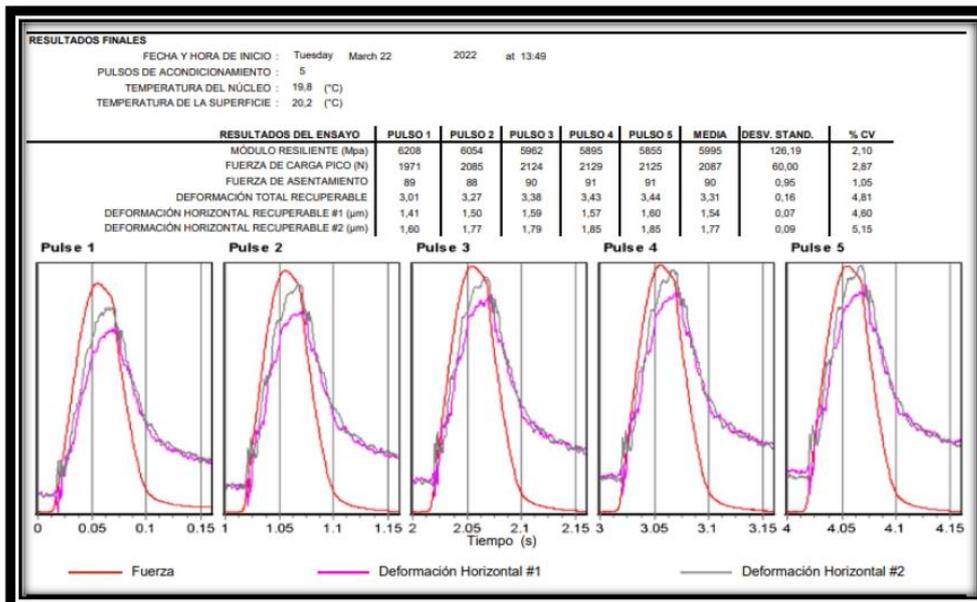


Figura N°1: Primer ensayo a 20°C.

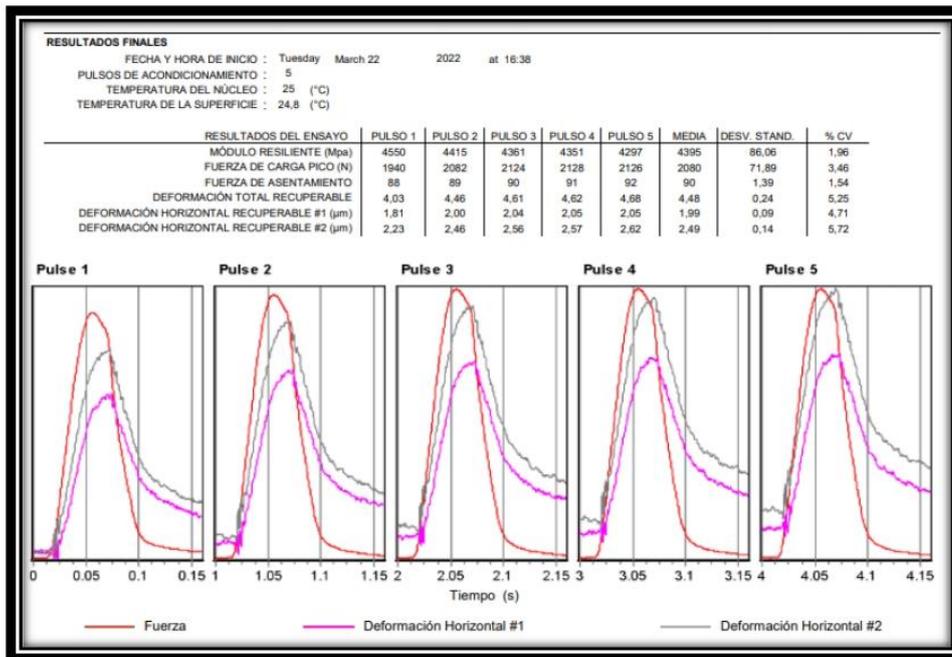
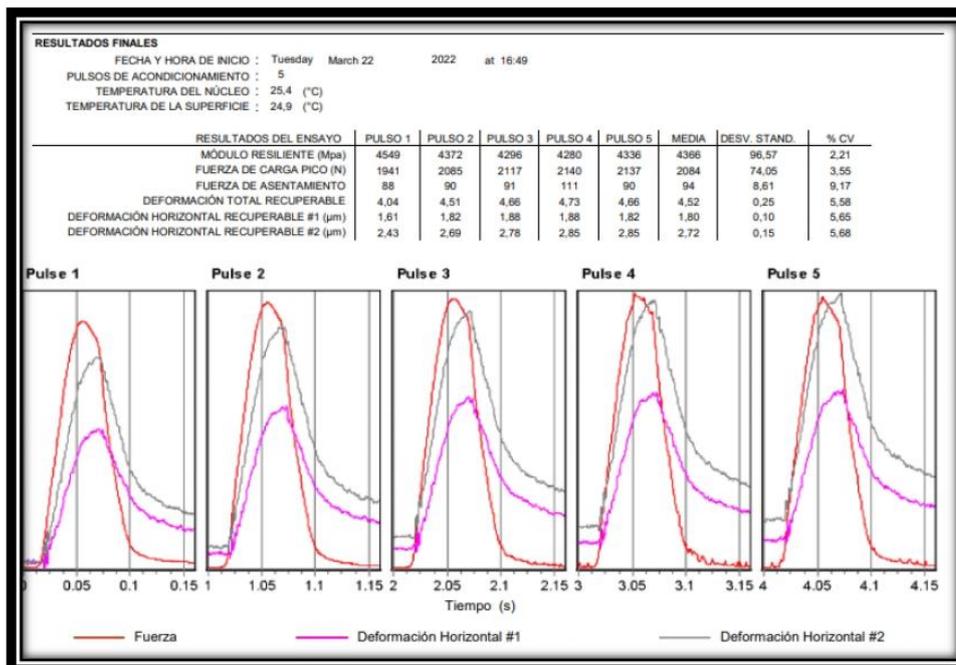


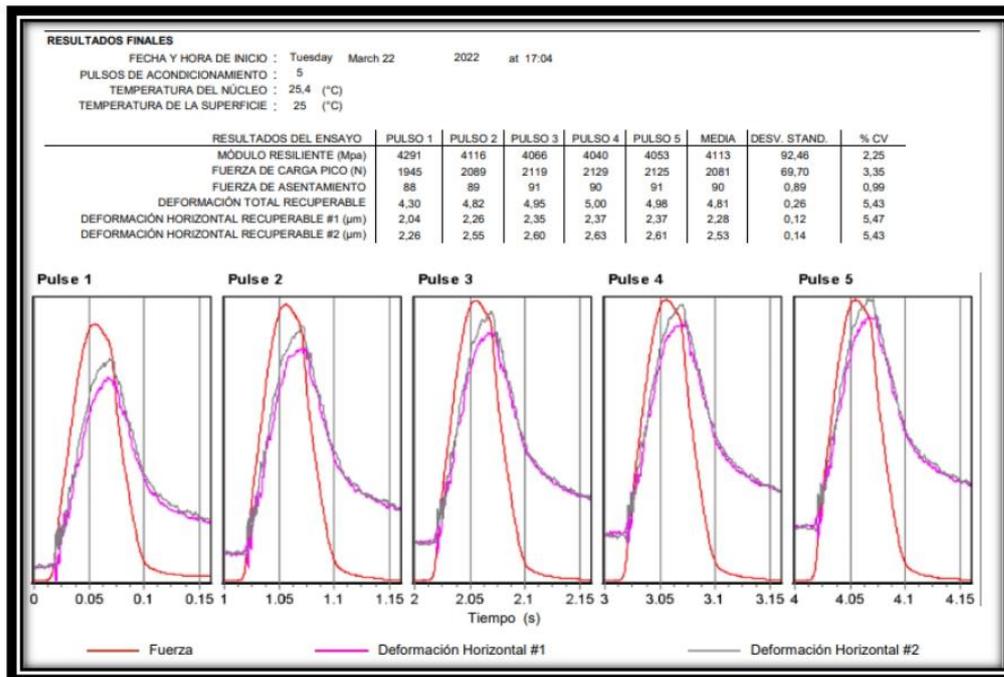
**Figura N°2: Segundo ensayo a 20°C**



**Figura N°3: Tercer ensayo a 20°C.**

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544


**Figura N°4: Primer ensayo a 25°C.**

**Figura N°5: Segundo ensayo a 25°C.**



*Figura N°6: Tercer ensayo a 25°C.*

**ii. CUADROS DE RESUMEN RESULTADOS MODULO RESILIENTE**

**Cuadro N°1: Resultados de Modulo Resiliente a 20°C**

Número de Ensayo	Media de Modulo Resiliente (Mpa)
1	5964
2	6182
3	5995
<b>Promedio</b>	<b>6047</b>

**Cuadro N°2: Resultados de Modulo Resiliente a 25°C**

Número de Ensayo	Media de Modulo Resiliente (Mpa)
1	4395
2	4366
3	4113
<b>Promedio</b>	<b>4291</b>

El ensayo de módulo resiliente ha sido realizado a dos temperaturas, 20 oC y 25 oC, y a una frecuencia de 1 Hz. A continuación, se muestran los resultados de estos ensayos.



**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544

	<b>AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO</b>	Código: PT-ARAICMACPVT-22-001
	<b>ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</b>	Página:24 de 33

Nro. De Prueba	Valor de Modulo resiliente a 20 °C @ 1 Hz (Mpa)	Valor de Modulo resiliente a 25 °C @ 1 Hz (Mpa)
1	5964	4395
2	6182	4366
3	5995	4113
Promedio	6047	4291

En la normativa EG 2013 indica que la mezcla óptima deberá ser verificada con la medida del su módulo resiliente y que este valor de módulo deberá cumplir pues de lo contrario será necesario rediseñar la mezcla hasta lograr ese cumplimiento; en nuestro caso se observa que el valor del módulo resiliente a 20 oC y a una frecuencia de 1 Hz es de 6047 MPa.

En el manual de suelos y pavimentos MTC / 14, en el cuadro 12.13 Coeficientes estructurales de las capas del pavimento” se observa que el coeficiente estructural asignado para una carpeta asfáltica es de 0.170/cm, y el cual se obtiene a partir de un valor de módulo resiliente de 2965 MPA de la mezcla asfáltica ensayada a 20 °C.

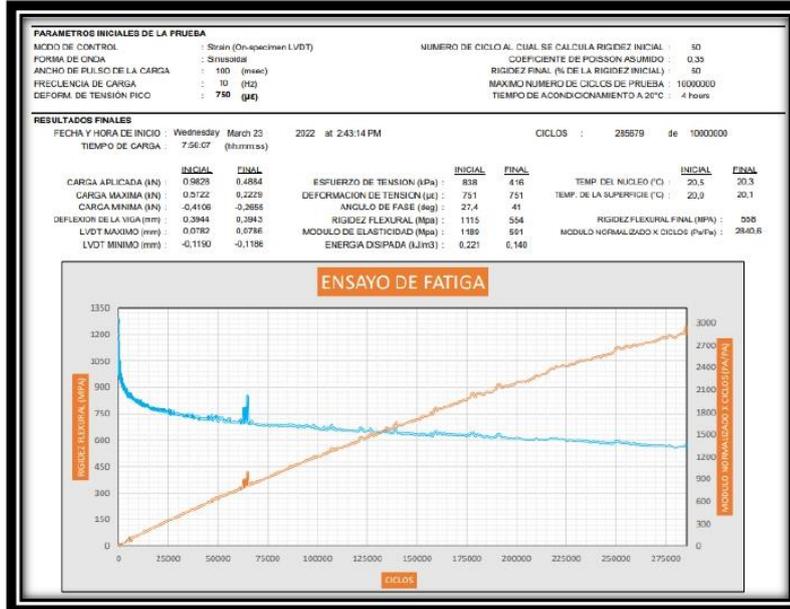
En tal sentido, se observa que el resultado del módulo resiliente de la mezcla propuesta para la obra tiene un valor promedio de 6047 MPa. Lo cual es un indicativo que la mezcla presenta un valor de módulo resiliente mayor al del diseño por lo tanto estaría cumpliendo.

Además, el ensayo de módulo a 25 °C es un ensayo adicional que también refleja un valor de rigidez adecuada considerando una mayor temperatura.

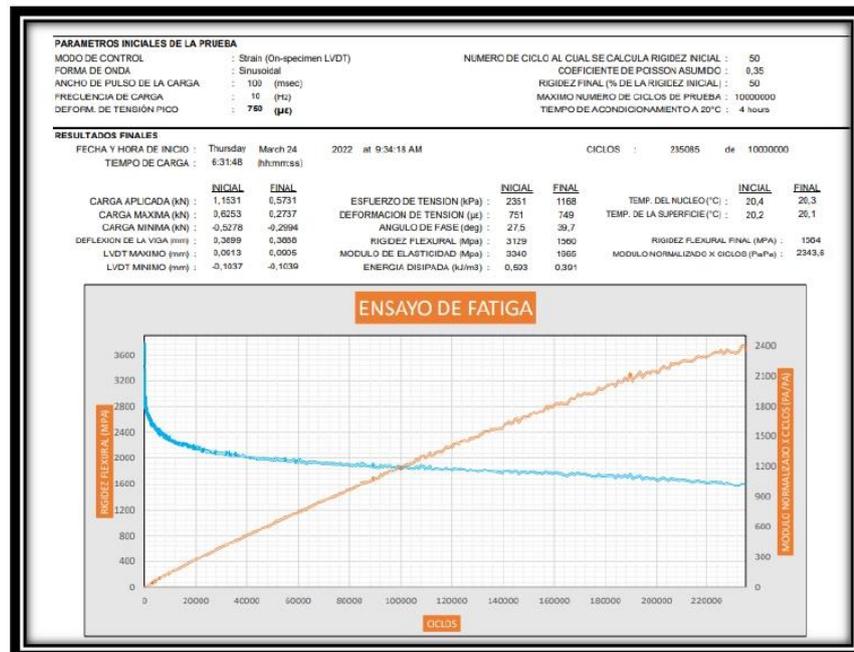
#### **b. DETERMINACION DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS SOMETIDAS A FLEXION REPETIDA**

La fisuración por fatiga de las capas de mezcla asfáltica es uno de los mecanismos de deterioro más frecuentes en los pavimentos flexibles. En ingeniería, y en especial, el fenómeno de fatiga está asociado al deterioro que se produce en un material a consecuencia de la aplicación de cargas repetidas con una magnitud muy inferior a la resistencia máxima que puede soportar el material. En el caso de los pavimentos asfálticos, la repetición de las cargas producidas por el tráfico, junto con las tensiones térmicas debido a las variaciones de temperatura, van dando lugar a la progresiva fisuración y rotura de las capas de mezcla asfáltica de la estructura de pavimento.


  
**GMC S.A.C.**
  
Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo
  
ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS
  
CIP 256544

**i. RESULTADOS DE LA RESISTENCIA A LA FATIGA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS (TDM)**


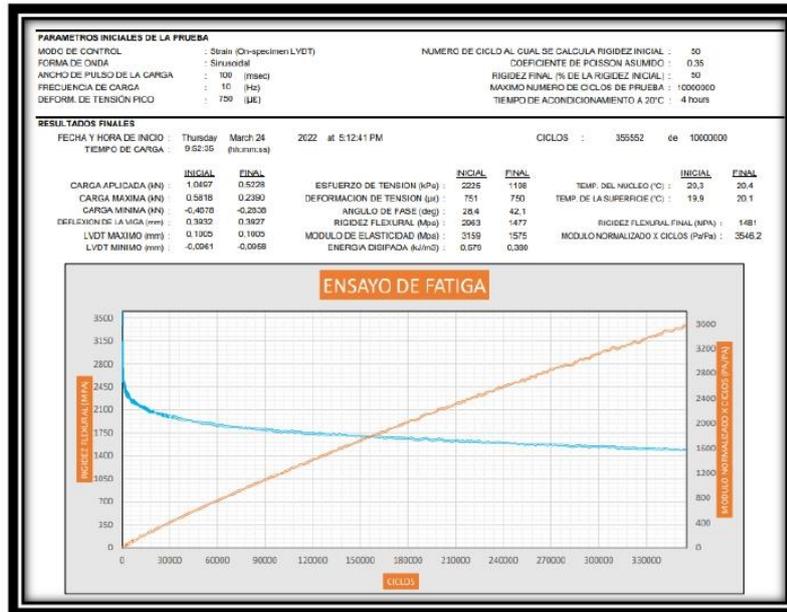
**Cuadro N°7:** se observar el ensayo a la fatiga de la mezcla asfáltica, por lo tanto se cumple con los resultados esperados.



**Cuadro N°8:** se observar el ensayo a la fatiga de la mezcla asfáltica, por lo tanto, se cumple con los resultados esperados.



**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP: 259544



**Cuadro N°9:** se observar el ensayo a la fatiga de la mezcla asfáltica, por lo tanto, se cumple con los resultados esperados.

El ensayo de vida a la fatiga en viga 4 puntos es un ensayo que puede dar un indicador del comportamiento de la mezcla asfáltica a la fatiga. Es un ensayo que se realiza a flexotracción a 20 oC y a 10 Hz de frecuencia de carga. El ensayo fue realizado para la mezcla asfáltica a una amplitud de deformación de 750 µε.

El criterio de falla de este ensayo es cuando la rigidez de la mezcla asfáltica alcanza un valor 50% de su rigidez inicial, es ahí en donde el ensayo se para y se cuantifica el número de ciclos de carga.

A continuación, se muestran los resultados de los ensayos.

Nro. De Prueba	Número de ciclos alcanzados a una micro deformación de 750 µε
1	285679
2	235085
3	355552
Promedio	292105

La EG 2013 referencia el ensayo de vida a la fatiga en viga 4 puntos, pero no establece un umbral de control. Se debe tener en cuenta que este ensayo se juzga por el número de ciclos alcanzados de una mezcla asfáltica a una amplitud de deformación especificada, que en este caso fue de 750 µε.

En la actualidad, se toman referencias como la norma mexicana para hacer la verificación de cumplimiento de una mezcla asfáltica para este ensayo.



**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP. 259544

	<b>AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO</b>	Código: PT-ARAIACMACPVT-22-001
	<b>ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</b>	Página:27 de 33

A continuación, se presenta la normativa mexicana para este ensayo.

**Tabla 1.6 Requisitos de calidad para mezclas asfálticas para nivel de tránsito muy alto ( $\Sigma L > 2 \times 10^7$ ), Compactador Giratorio.**

Características	Especificación
<b>Propiedades volumétricas</b>	
Número de giros iniciales en cada probeta	8
Número de giros de diseño en cada probeta	100
Grado de compactación al número de giros iniciales ( $GC@N_{ini}$ ), %	$\leq 89$
Grado de compactación al número de giros máximos ( $GC@N_{max}$ ), %	$\leq 98$
Vacios de aire ( $V_a$ ) a los giros de diseño, %	4
Vacios llenos de asfalto (VFA); %	65 - 75
Relación Filler-asfalto ( $R_{F-Pbe}$ ) <sup>[1]</sup>	0,6 - 1,2
<b>Propiedades de desempeño</b>	
Susceptibilidad al daño inducido por humedad por medio de la Relación en la Resistencia a la Tensión Indirecta (TSR), %, mínimo	80
Susceptibilidad a la formación de roderas y daño por humedad mediante la Rueda Cargada de Hamburgo a 50°C y 20 000 pasadas, mm, máximo	10

Deformación permanente mediante el Ensayo de Compresión Axial Cíclica, 40°C, $\sigma_v = 400 \text{ kPa}$ , $\sigma_h = 0 \text{ kPa}$ , $f = 5 \text{ Hz}$ ( $t_c = 0,2 \text{ s}$ , $t_r = 0,8 \text{ s}$ ), ciclos de carga 10 000, deformación axial acumulada, %, máxima	1,5
Módulo Dinámico, $ E^* $ 20°C, 10Hz, MPa, mínimo	5 000
Resistencia a la fatiga, Viga a Flexión en cuatro puntos, 20°C, $f = 10 \text{ Hz}$ , No. Ciclos	
Repeticiones mínimas a la falla <sup>[2]</sup> a 400 $\mu\epsilon$ , $N_f$ , mínimo	$1,0 \times 10^6$
Repeticiones mínimas a la falla <sup>[2]</sup> a 500 $\mu\epsilon$ , $N_f$ , mínimo	$1,0 \times 10^5$
Repeticiones mínimas a la falla <sup>[2]</sup> a 600 $\mu\epsilon$ , $N_f$ , mínimo	$1,0 \times 10^4$

Nota. El criterio de falla considerado es la pérdida del 50% de la rigidez inicial.

En la especificación mexicana se observa que la exigencia para la vida a la fatiga se aplica para diferentes amplitudes de deformación, 400, 500 y 600  $\mu\epsilon$ . En ese sentido, el ensayo que se ha realizado para la mezcla asfáltica de la obra ha sido realizado a una amplitud de deformación aun mayor, 750  $\mu\epsilon$ .

La especificación mexicana indica que para un ensayo de vida a la fatiga en viga 4 puntos a una amplitud de deformación de 600  $\mu\epsilon$ , deberá tener un número de ciclos mayor a 10 000. La mezcla actual de obra, si bien es cierto que ha sido ensayada a una amplitud mayor de 750  $\mu\epsilon$ , presenta una cantidad de ciclos promedio de 292 105.

Se debe tener en cuenta que a mayor amplitud de deformación, es mayor la exigencia debido a que el daño por fatiga inducida a la mezcla asfáltica será mayor.

**En conclusión, se estaría evidenciando un buen comportamiento de la mezcla asfáltica a la fatiga teniendo como referencia otras normativas.**

  
**GMC S.A.C.**  
Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP 258544

**c. METODO DE PRUEBA ESTANDAR PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD**

Este método de ensayo cubre procedimientos para preparación y ensayo de muestras de concreto asfáltico, con el propósito de medir el efecto del agua en la resistencia a la tracción de mezclas para pavimentación. Este método de ensayo es aplicable en mezclas densas, como aquellas que se muestran en la tabla para composición de mezclas bituminosas para pavimentación de la especificación D3515, y puede ser usado para evaluar el efecto de la humedad con o sin aditivos mejoradores de adherencia, incluyendo líquidos y sólidos en polvo, como, por ejemplo, cal o cemento portland.

posible Daño Debido a la humedad (El grado de susceptibilidad al daño por humedad es determinado preparando un juego de probetas compactadas en laboratorio, de acuerdo a la fórmula de trabajo sin aditivo. las muestras son compactadas hasta conseguir un porcentaje de huecos correspondientes al esperado en terreno, normalmente en el rango 6 a 8 %. Este conjunto de probetas es dividido en dos subconjuntos de aproximadamente igual contenido de aire. Un sub conjunto es mantenido seco, mientras el otro es parcialmente saturado con agua. la resistencia a la tracción de cada sub conjunto es determinado. la intensidad del daño causado por la humedad, es medido por la relación de la resistencia a la tracción de las probetas húmedas versus el de las probetas secas.

Este ensayo es recomendado para alturas mayores a los 3000 msnm, lugares con precipitaciones regulares y periódicas e influencia de humedad constante.

CONTENIDO ASFALTO		Rice		2,517		
Ensayo de Briquetas						
Muestra	Seco			Húmedo		
	1	2	3	4	5	6
Diametro (pulg)	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Altura (pulg)	2,44	2,44	2,44	2,44	2,44	2,44
W.Aire (g)	1099,6	1098,8	1098,9	1097,7	1098,2	1098,2
W.SSS (g)	1105,7	1104,4	1103,8	1103,0	1104,0	1103,7
W.Agua (g)	635,4	634,2	632,9	633,2	635,5	633,5
Volumen (cm3)	470,3	470,2	470,9	469,8	468,5	470,2
Densidad (g/cm3)	2,338	2,337	2,334	2,337	2,344	2,336
% Vacios	7,1	7,2	7,3	7,2	6,9	7,2
<b>Someter a Condición Saturada</b>						
55% Sat.				1116,2	1115,9	1116,8
80% Sat.				1124,6	1124,0	1125,3
Promedio				1120,4	1119,9	1121,0
Peso Sat.				1120,2	1119,7	1121,2
% Satur.				67,0	66,8	68,0
<b>Condición temperatura ambiente</b>				<b>Fase de congelamiento a -18°C por 16h Seguido de 24h en agua a 60°C + 1h 25°C</b>		
W.Aire (g)				1097,7	1098,2	1098,2
W.SSS (g)				1124,9	1122,0	1126,6
W.Agua (g)				654,4	652,4	655,7
Volumen (cm3)				470,5	469,6	470,9
Densidad (g/cm3)				2,333	2,339	2,332
% Vacios				7,3	7,1	7,3
Altura (pulg)	2,44	2,44	2,44	2,44	2,44	2,44
Resist. a la Tracción Indirecta (lbf)	1999	1904	1942	1714	1771	1619
Seco (STD)	130,4	124,2	126,6			
Húmedo (STM)				111,8	115,5	105,6
<b>No Condicionada</b>				<b>Condicionada</b>		
127,1				110,9		
<b>TSR</b>		<b>87,3 %</b>				

**Cuadro N°10:** se observar el ensayo con un resultado de 87.3 % la cual indica que se cumple con los resultados esperados ya que este ensayo es sugerido para alturas mayores a los 3000 msnm

- En el reporte de ensayo se observa que la resistencia retenida TSR es de 87.3%. Por lo que estaría cumpliendo la especificación que es de 80%.
- El daño por humedad es un ensayo acelerado el cual se somete a la briqueta a ciclos de congelamiento y hervido. El valor del 87.3% indica que hay una buena adherencia árido – bitumen que garantizaría que no haya un efecto de desprendimiento de agregados por el ingreso de agua que podrían conllevar a deterioros acelerados.

**1. ESPECIMENES DE PRUEBA**



**3. ENSAYO DE ESPECIMENES EN CONDICIÓN SECA**



**2. BAÑO EN AGUA A 60°C**



**4. ENSAYO DE ESPECIMENES EN CONDICIÓN HÚMEDA**



**Imagen N°1:** se observar el desempeño que tiene la mezcla asfáltica a ser sometido a condiciones secas y húmedas.



**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP. 258544

**d. REPORTE DE ENSAYO DE RUEDA DE HAMBURGO PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE COMPACTADAS**

El ensayo de rueda de Hamburgo es un ensayo de desempeño que permite evaluar la susceptibilidad a la deformación permanente de la mezcla asfáltica producto del tránsito y el daño por humedad en mezclas asfálticas en caliente. Este se realiza usando especímenes sometiendo un par de briquetas de mezcla asfáltica compactada a una cámara de agua a 50 oC y a una carga abrasiva bajo la acción de una rueda metálica.

Las probetas se elaboran en laboratorio, con dimensiones aproximadas de 150 ± 2 mm de diámetro y 62 ± 2 mm de altura, que puedan resistir las condiciones de ensayo sin sufrir distorsión; realizado a la mezcla asfáltica presento un resultado de:

- Número de pasadas : 20 000
- Deformación alcanzada : 1.32 mm

**i. RESULTADO ENSAYO DE RUEDA DE HAMBURGO PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS (TDM)**

DATOS INICIALES DE LA PRUEBA			
NÚMERO DE ENSAYO	: 39 - 2021	TEMPERATURA DE ENSAYO	: 50 °C
TIPO DE MUESTRA	: Doble Núcleos	NÚMERO MAX. PASADAS	: 20000 pasadas
DIÁMETRO	: 150,0 mm	PROFUNDIDAD MÁXIMA	: 12,5 mm
ESPESOR	: 60,0 mm	VELOCIDAD DE LA RUEDA	: 52 pasadas / min
		OPERADOR	: RV
RESULTADOS FINALES			
PROFUNDIDAD FINAL RUT.	: 1,32 mm	PASADAS	: 20000
TIPO DE MEDIO TÉRMICO	: AGUA		
FEEDBACK UTILIZADO	: EN EL TANQUE		
TEMPERATURA MÁXIMA	: 50,5 °C		
TEMPERATURA MÍNIMA	: 50,1 °C		
<b>OBSERVACIONES</b>			
■ ESTA PRUEBA FUE REALIZADA EN CONCORDANCIA CON LA NORMA AASHTO T-324.			



**Cuadro N°11:** se observa el resultado del ensayo indicando una curva sin distorsión la cual indica que tiene un buen comportamiento a la deformación, las cuales como resultado se tiene 20000 pasadas y una deformidad de 1.32 mm.

  
**GMC S.A.C.**  
Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
C.I.P. 258544

	<b>AGENTE REJUVENECADOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO</b>	<b>Código:</b> <b>PT-ARAIACMACPVT-22-001</b>
	<b>ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</b>	<b>Página:31 de 33</b>

La normativa EG 2013 no indica nada referente a un umbral de conformidad respecto a este ensayo. Generalmente en el Perú se ha tomado umbrales estipulados en otros países tales como Estados Unidos y México.

**Figura 1 – Especificaciones de rueda de Hamburgo – Estados Unidos**

States	Binder/Mixture Types	Criteria	States	Binder Grades	Test Temperatures		
California	PG 58-xx	Min. 10,000 passes at 12.5mm rut depth	California	all	50°C		
	PG 64-xx	Min. 15,000 passes at 12.5mm rut depth		PG 58-xx	45°C		
	PG 70-xx	Min. 20,000 passes at 12.5mm rut depth	Colorado	PG 64-xx	50°C		
	PG 76-xx	Min. 25,000 passes at 12.5mm rut depth		PG 70-xx, PG 76-xx	55°C		
Colorado	all	Max. 4.0mm rut depth at 10,000 passes	Iowa	PG 58-xx	40°C		
Iowa	all	Max. 8.0mm rut depth at 8,000 passes		PG 64-xx (or higher)	50°C		
		Min. 10,000 or 14,000 passes with no SIP	Illinois	all	50°C		
Illinois	PG 58-xx (or lower)	Max. 12.5mm rut depth at 5,000 passes	Louisiana	all	50°C		
	PG 64-xx	Max. 12.5mm rut depth at 7,500 passes	Maine	all	50°C		
	PG 70-xx	Max. 12.5mm rut depth at 15,000 passes	Massachusetts	all	50°C		
	PG 76-xx (or higher)	Max. 12.5mm rut depth at 20,000 passes	Montana	PG 58-xx	44°C		
Louisiana	Level 1 high traffic	Max. 6.0mm rut depth at 20,000 passes		PG 64-xx	50°C		
	Level 2 medium/low traffic	Max. 10.0mm rut depth at 20,000 passes		PG 70-xx	56°C		
Maine	all	Max. 12.5mm rut depth at 20,000 passes	Oklahoma	all	50°C		
		Min. 15,000 passes with no SIP	Texas	all	50°C		
Massachusetts	all	Max. 12.5mm rut depth at 20,000 passes	Utah	PG 58-xx	46°C		
		Min. 15,000 passes with no SIP		PG 64-xx	50°C		
Montana	all	Max. 13.0mm rut depth at 15,000 passes		PG 70-xx	54°C		
		Oklahoma	PG 64-xx	Min. 10,000 passes at 12.5mm rut depth	Washington	all	50°C
			PG 70-xx	Min. 15,000 passes at 12.5mm rut depth			
			PG 76-xx	Min. 20,000 passes at 12.5mm rut depth			
Texas	PG 64-xx	Min. 10,000 passes at 12.5mm rut depth					
	PG 70-xx	Min. 15,000 passes at 12.5mm rut depth					
	PG 76-xx	Min. 20,000 passes at 12.5mm rut depth					
Utah	$N_{desig} > 75$	Max. 10.0mm rut depth at 20,000 passes					
Washington	all	Max. 10.0mm rut depth at 15,000 passes					
		Min. 15,000 passes with no SIP					

**Figura 2 – Especificaciones de rueda de Hamburgo – México**

**Tabla 1.5 Requisitos de calidad para mezclas asfálticas para nivel de tránsito alto ( $1 \times 10^7 < \Sigma L \leq 2 \times 10^7$ ), Compactador Giratorio.**

Características	Especificación
<b>Propiedades volumétricas</b>	
Número de giros iniciales en cada probeta	8
Número de giros de diseño en cada probeta	100
Grado de compactación al número de giros iniciales ( $GC@N_{ini}$ ), %	$\leq 89$
Grado de compactación al número de giros máximos ( $GC@N_{max}$ ), %	$\leq 98$
Vacios de aire ( $V_a$ ) a los giros de diseño, %	4
Vacios llenos de asfalto (VFA), %	65 - 75
Relación Filler-asfalto ( $R_{F-Pbe}$ ) [1]	0,6 - 1,2
<b>Propiedades de desempeño</b>	
Susceptibilidad al daño inducido por humedad por medio de la Relación en la Resistencia a la Tensión Indirecta (TSR), %, mínimo	80
Susceptibilidad a la formación de roderas y daño por humedad mediante la Rueda Cargada de Hamburgo a 50°C y 20 000 pasadas, mm, máximo	10

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544

	<b>AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO</b>	Código: PT-ARAICMACPVT-22-001
	<b>ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</b>	Página:32 de 33

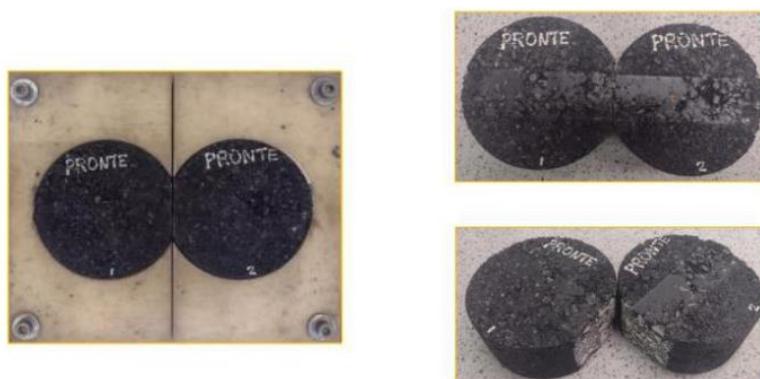
**Tabla 1.6 Requisitos de calidad para mezclas asfálticas para nivel de tránsito muy alto ( $\Sigma L > 2 \times 10^7$ ), Compactador Giratorio.**

Características	Especificación
<b>Propiedades volumétricas</b>	
Número de giros iniciales en cada probeta	8
Número de giros de diseño en cada probeta	100
Grado de compactación al número de giros iniciales ( $GC@N_{ini}$ ), %	$\leq 89$
Grado de compactación al número de giros máximos ( $GC@N_{max}$ ), %	$\leq 98$
Vacíos de aire ( $V_a$ ) a los giros de diseño, %	4
Vacíos llenos de asfalto (VFA); %	65 - 75
Relación Filler-asfalto ( $R_{F-Pbe}$ ) <sup>[1]</sup>	0,6 - 1,2
<b>Propiedades de desempeño</b>	
Susceptibilidad al daño inducido por humedad por medio de la Relación en la Resistencia a la Tensión Indirecta (TSR), %, mínimo	80
Susceptibilidad a la formación de roderas y daño por humedad mediante la Rueda Cargada de Hamburgo a 50°C y 20 000 pasadas, mm, máximo	10

La razón por la cual en Perú se ha generalizado ese umbral de control de deformación de 12.5 mm @ 20 000 ciclos es debido a estas especificaciones. En tal sentido, se observa que la mezcla asfáltica ha presentado una deformación total final de 1.34 mm por lo que estaría cumpliendo con cualquier especificación lo que reflejaría su buen comportamiento ante la deformación permanente prematura.

Adicionalmente se observa que la mezcla no ha sufrido daño por humedad inducida, el asfalto no se ha desprendido del agregado. Esto se puede observar debido a que la pendiente de la deformación es constante y además en las fotos se observa que el asfalto sigue recubriendo el agregado después de haber concluido el ensayo.

En conclusión, la mezcla presenta buena resistencia a la deformación permanente a corto plazo y una buena resistencia a la humedad inducida.



**Imagen N°2:** se observa las briquetas del ensayo, la cual indica que tiene un buen comportamiento a la deformación, las cuales como resultado se tiene 20000 pasadas y una deformidad de 1.32 mm.

  
**GMC S.A.C.**  
Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP 258944

	<b>AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO</b>	Código: PT-ARAICMACPVT-22-001
	<b>ENSAYO DE LABORATORIO PARA TESIS</b>	Página:33 de 33

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los resultados de las mezclas son favorables, así cuanto verifican y dan validez a los ensayos realizados.
- Se indica que los ensayos realizados para la investigación de la tesista. se encuentran dentro de los parámetros indicados en el manual de carreteras EG – 2013.
- En conclusión, los resultados obtenidos de las diferentes muestras, viene cumpliendo con requisitos y parámetros que exige el manual EG – 2013, para la producción y colocado de la MAC incorporando un agente rejuvenecedor de asfalto.
- A fin de garantizar el correcto desempeño de la mezcla asfáltica propuesta durante el tiempo de servicio, y ha solicitud de la TESISTA, se realizaron los siguientes ensayos especiales a la mezcla asfáltica:
  - Modulo Resiliente
  - Rueda de Hamburgo
  - Flexión de Viga de 4 puntos
  - Lottman
- Respecto al ensayo de modulo resiliente, si bien la normativa aplicable vigente no establece un valor mínimo comparativo para los resultados de módulo resiliente para las mezclas asfálticas, el Manual de Suelos y pavimentos del MTC, en el Cuadro 12.13, considera para un coeficiente estructural de mezcla asfáltica en caliente de 0.17/cm un módulo resiliente de 2,965 Mpa a 20°C. Por lo que, los resultados de modulo resilientes a 20°C obtenidos de la mezcla asfáltica en caliente propuesta, superan el valor considerado en la manual en mención, puesto que el valor promedio es de 6047 Mpa.
- El ensayo de fatiga se realizó bajo la normativa AASHTO T - 321-14, se obtuvieron 292,105 ciclos en promedio, considerando como criterio de falla la pérdida del 50% de la rigidez inicial.
- En el ensayo Lottman (Prueba estándar para determinar la resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad) se ha obtenido de 87.3 %. La normativa vigente no establece exigencia mínima para las condiciones de nuestro proyecto, sin embargo, si establece que para zonas de alturas mayores a 3000 msnm. o zonas húmedas y lluviosas debe obtener valores mínimos de ochenta por ciento (80%). Por lo que, la mezcla asfáltica propuesta cumple con este requerimiento.
- Los resultados del ensayo de Rueda de Hamburgo muestran una curva sin distorsión la cual indica que tiene un buen comportamiento a la deformación, superando los 20,000 ciclos y obteniendo una deformación de 1.32 mm. Cabe precisar que no existe normativa vigente aplicable en el país, sin embargo, tomando como referencia criterios internacionales, donde la exigencia es que la deformación máxima a obtener es de 12.5 mm y soportar como mínimo 2000 ciclos, la mezcla asfáltica propuesta cumple con el criterio establecido.
- Ante lo expuesto se indica a la supervisión que todos los resultados de los ensayos especiales tales como módulo de resiliencia, Fatiga, lottman y Rueda de Hamburgo, son los esperados por nuestra representada ya que los resultados indicados en el desarrollo del presente informe se encuentran dentro de lo establecido en la EG – 2013.


  
**GMC S.A.C.**
  
Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo
  
ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS
  
CIP 258544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

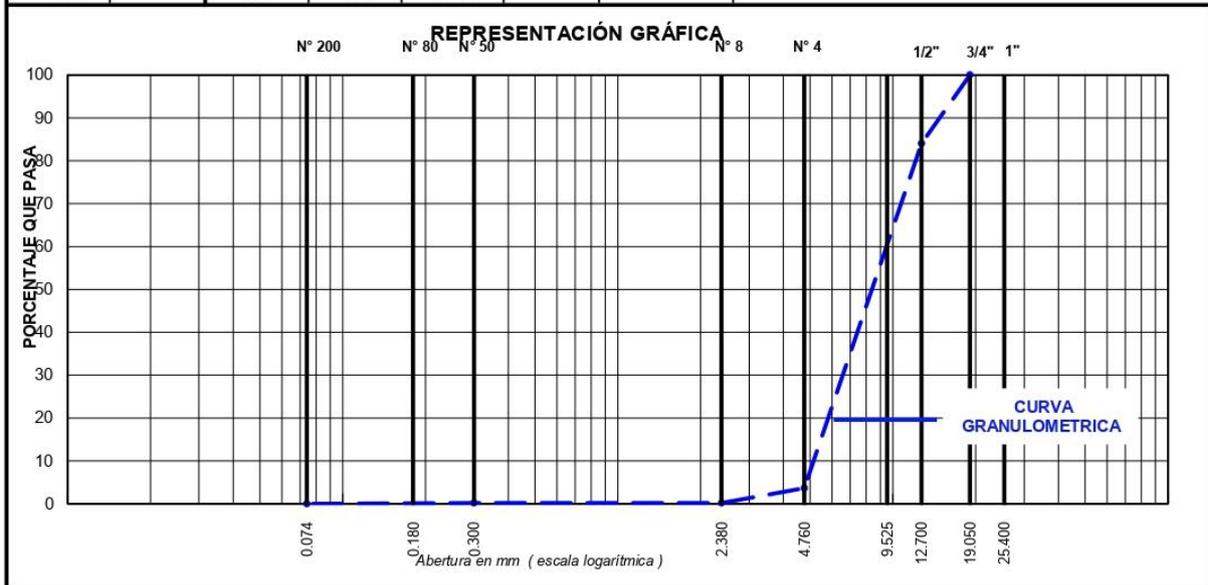
Código  
GG-ARAICMACPVT-22-001

**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO PARA BAJO VOLUMEN DE TRANSITO		
TESISTA	: YANCE PEREZ, ESTEFANI YESSENIA	HECHO POR	C.C.C
UBICACIÓN	: HUANCAYO	ING RESP	J.V.C
CANTERA	: -	CERTIFICADO N°	1 - MAY - 2022
PROCEDENCIA	: calle Leoncio prado ubicada en el km 000+050, km 000+100	FECHA	12/05/2022
MATERIAL	: GRAVA CHANCADA		

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - NORMA MTC E-204 (ASTM C-136)**

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. ASTM 3515 D-5	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
			retenido	acumulado	que pasa		TAMAÑO MÁXIMO	3/4"
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	
1"	25.400						Peso de material sin lavar	19133.00 gr
3/4"	19.050				100.0			
1/2"	12.700	<b>3052.0</b>	16.0	16.0	84.0			
3/8"	9.525	<b>5520.0</b>	28.9	44.8	55.2			
N°4	4.760	<b>9865.0</b>	51.6	96.4	3.6			
N° 8	2.380	<b>663.0</b>	3.5	99.8	0.2			
N° 50	0.300		0.0	99.8	0.2			
N° 80	0.180							
N° 200	0.074	<b>33.0</b>	0.2	100.0	0.0			
< 200	-	<b>0.0</b>	0.0	100.0				



  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

**Código:**  
GS-ARAICMACPVT-22-001

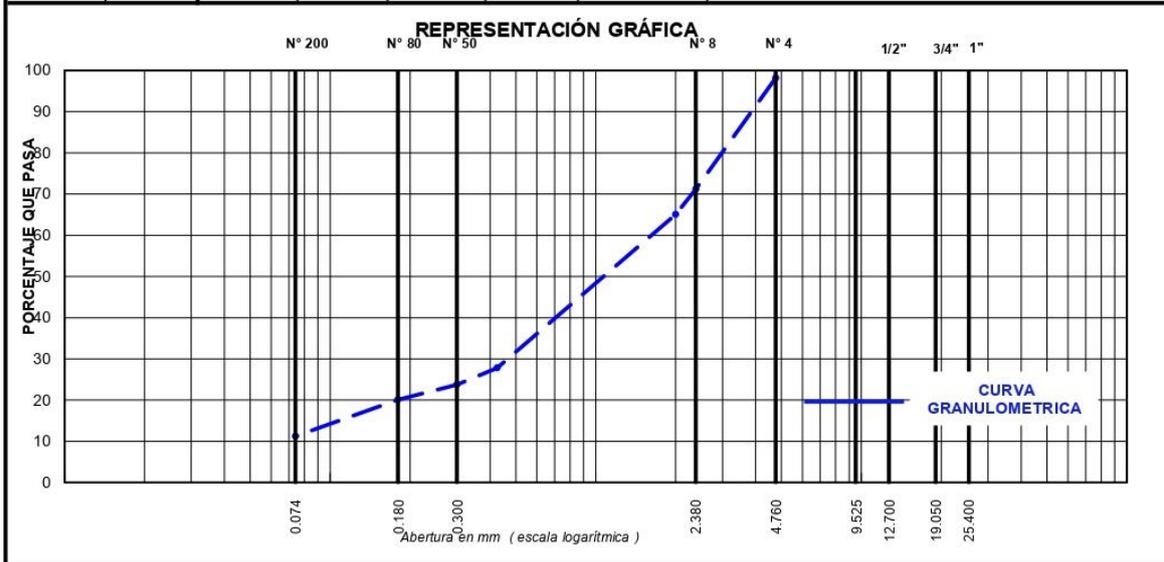
**LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS**

<b>ENSAYOS</b>	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO PARA BAJO VOLUMEN DE TRANSITO		
<b>TESISTA</b>	: YANCE PEREZ, ESTEFANI YESSENIA	<b>HECHO POR</b>	C.C.C
<b>UBICACIÓN</b>	: HUANCAYO	<b>ING RESP</b>	J.V.C
<b>CANTERA</b>	: -	<b>CERTIFICADO N°</b>	1 - MAY - 2022
<b>PROCEDENCIA</b>	: calle Leoncio prado ubicada en el km 000+050, km 000+100	<b>FECHA</b>	12/05/2022
<b>MATERIAL</b>	: ARENA CHANCADA		

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO - NORMA MTC E-204 (ASTM C-136)**

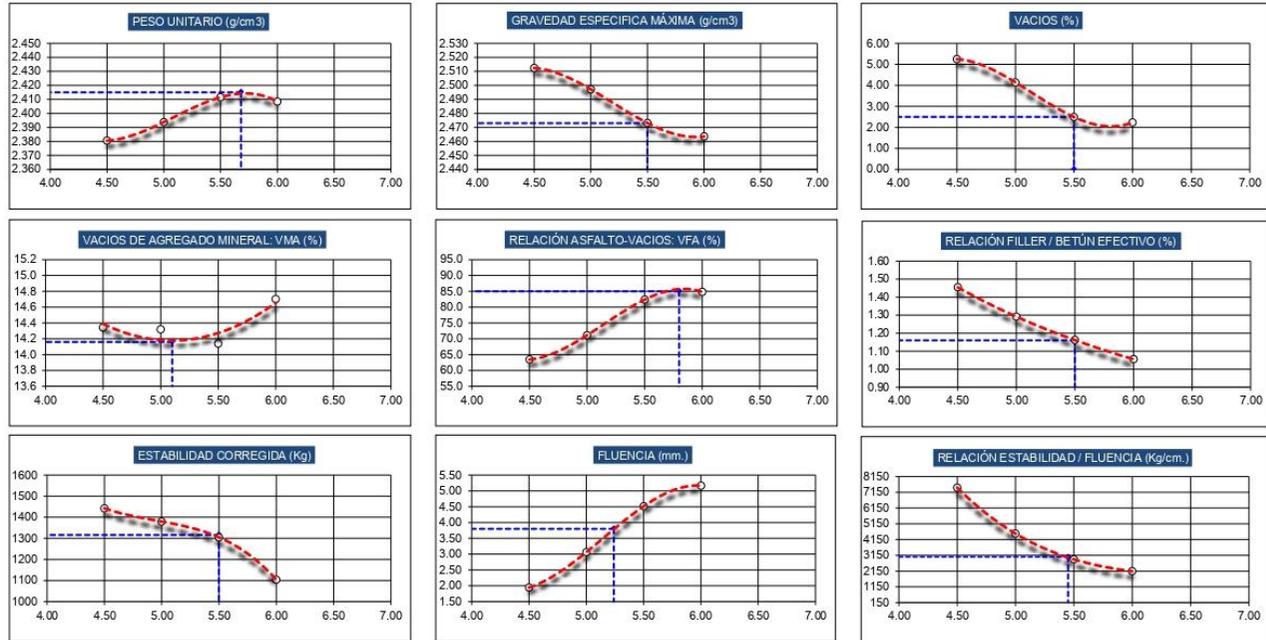
TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. ASTM 3515 D-5	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
			retenido	acumulado	que pasa		TAMAÑO MÁXIMO	3/8"
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	
1"	25.400						Peso de material sin lavar	984.10 gr
3/4"	19.050				100.0			
1/2"	12.700		0.0	0.0	100.0			
3/8"	9.525		0.0	0.0	100.0			
N°4	4.760	18.2	1.8	1.8	98.2			
N° 8	2.380	265.3	27.0	28.8	71.2			
N° 10	2.000	60.8	6.2	35.0	65.0			
N° 40	0.425	366.1	37.2	72.2	27.8			
N° 50	0.300	40.2	4.1	76.3	23.7			
N° 80	0.180	35.8	3.6	79.9	20.1			
N° 200	0.074	87.1	8.9	88.8	11.2			
< 200	-	110.6	11.2	100.0				

**REPRESENTACIÓN GRÁFICA**



**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + OP 20 % RAP + AR 4% - ASTM D3515-D4**



RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño N° 1)				
	- 0.3%	OPTIMO % C.A.	+ 0.3%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO	35	35	35	35
CEMENTO ASFÁLTICO	5.36	5.56	5.76	(+/- 0.2%)
PESO UNITARIO		2.415		
VACIOS		2.5		3 - 5
V.M.A.		14.2		Min 14
VACIOS LLENOS CON C.A. V.F.A.		85.0		
FLUENCIA		3.80		2 - 4
ESTABILIDAD		1316		Min. 453
RELACIÓN ESTABILIDAD / FLUENCIA		3463		1,700 - 4,000
ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD		5.62		Min. 5
ESTABILIDAD RETENIDA, 24 horas a 60°C		--		Min. 75
RESISTENCIA, TRACCIÓN INDIRECTA		--		Min. 80
Finos / Ligante		1.16		0.6 - 1.3

**PARTICIPACIÓN DE AGREGADOS, FILLER Y CEMENTO ASFÁLTICO**

DOSIFICACION	
Grava triturada 1"	32.0 %
RAP triturada 3/4"	20.0 %
Árena Triturada 3/8"	46.8 %
FILLER - CAL	1.16 %
Agente Rejuvenecedor ITERLENE ACF	2.0 %
Cemento Asfáltico	5.56 %

OBSERVACIÓN:

---



---



---



---

  
**GMO S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código:  
RAP-ARA10MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO		REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA		REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 20% + 4% AR - ASTM D 3515 D-4		ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100		FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA 162
TIPO LIGANTE :	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION 152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	4%	

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°100	N°200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < N° 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA		100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

N	1	2	3	Prom.	ESPE.
1	Numero de Probeta				
2	C.A. en Peso de la Mezcla	4.50	4.50	4.50	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	49.66	49.66	49.66	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	40.30	40.30	40.30	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	5.54	5.54	5.54	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc. 1.018	1.018	1.018	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc. 2.674	2.674	2.674	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc. 2.712	2.712	2.712	2.693
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc. 2.611	2.611	2.611	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc. 2.740	2.740	2.740	2.676
11	Peso Especifico Aparente del Filler < N°200	gr/cc. 2.804	2.804	2.804	2.804
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.			
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr. 1294.7	1293.8	1293.9	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr. 1296.7	1295.5	1296.8	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr. 751.1	753.8	753.2	
16	Volumen de la Probeta	c.c. 545.6	541.7	543.6	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc. 2.373	2.388	2.380	2.381
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc. 2.512	2.512	2.512	
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc. 2.506	2.506	2.506	
20	% de Vacios	% 5.55	4.93	5.26	5.25 '3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc. 2.654	2.654	2.654	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc. 2.729	2.729	2.729	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc. 2.692	2.692	2.692	
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	% 0.536	0.536	0.536	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	% 85.38	85.94	85.65	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	% 9.07	9.13	9.10	
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	% 14.62	14.06	14.35	14.3 Min. 13
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	% 3.99	3.99	3.99	
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	% 62.04	64.91	63.36	63.4
30	Relacion Filler / Betun Efectivo	1.45	1.45	1.45	1.45
31	Lectura de Carga KN	Kn 14.68	15.42	15.54	
32	Estabilidad Convertida	kg 1497	1572	1585	
33	Factor de Estabilidad	0.93	0.93	0.93	
34	Estabilidad Corregida	kg 1392	1462	1474	1442.7 Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	mm. 2.11	1.81	1.92	
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R			
37	Fluencia	mm. 2.11	1.81	1.92	1.9 '2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm. 6598	8079	7675	7450.8

**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544

 <p><b>GMC</b> S.A.C. CONSTRUCTORA Y CONSULTORA</p>	<p><b>“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”</b></p>	<p>Código: RAP-ARAIOMACPVT-22-001</p>
--	--	---

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO	REGISTRO : RAP-05-22/01	
TESISTA : YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA	REALIZADO : C.C.C	
DISEÑO : DISEÑO RAP 20% + 4% AR - ASTM D 3515 D-4	ING. RESPONSABLE : J.V.C	
PROCEDENCIA : CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100	FECHA : 2/04/2022	
LUGAR DE MOLDEO: LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO: MECANICO	T° MEZCLA: 162
TIPO LIGANTE: PEN 85/100	N° GOLPES / lado: 35	T° COMPACTACION: 152
TIPO DE AGREGADO: TRITURADO	TIEMPO DE CURADO: 60 min	T° CURADO: NO
TIPO FILLER: CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR: 4%	

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-3515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00		
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.40	49.40	49.40		
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	40.09	40.09	40.09		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.51	5.51	5.51		
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674		
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693	
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611		
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676	
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804	
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1294.0	1295.2	1289.6		
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1295.3	1297.2	1290.9		
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	752.5	756.3	754.2		
16	Volumen de la Probeta	c.c.	542.8	540.9	536.7		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.384	2.395	2.403	2.394	
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.497	2.497	2.497		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.487	2.487	2.487		
20	% de Vacios	%	4.53	4.11	3.78	4.14	'3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654		
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729		
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.33	85.71	86.01		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	10.14	10.18	10.22		
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	14.67	14.29	13.99	14.3	Min. 14
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.49	4.49	4.49		
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	69.09	71.24	73.01	71.1	
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.29	1.29	1.29	1.29	
31	Lectura de Carga	Kn	14.84	14.32	14.49		
32	Estabilidad Convertida	kg	1513	1460	1478		
33	Factor de Estabilidad		0.93	0.93	0.93		
34	Estabilidad Corregida	kg	1407	1358	1374	1379.8	Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	2.90	3.34	2.95		
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R					
37	Fluencia	mm.	2.90	3.34	2.95	3.1	'2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	4853	4066	4658	4525.6	

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP. 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código:  
RAP-ARAIOACPV-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	RAP-05-22/01
TESISTA	YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	C.C.C
DISEÑO	DISEÑO RAP 20% + 4% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	J.V.C
PROCEDENCIA	CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE :	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	4%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ												
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200		
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00													
B AGREGADO FINO	42.20	42.20													
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80													

MEZCLA ARIDOS FISICA		100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8		
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8		

Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.			
2 C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50					
3 % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.14	49.14	49.14					
4 % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.88	39.88	39.88					
5 % de Filler en Peso de Mezcla	%	5.48	5.48	5.48					
6 Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018					
7 Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674					
8 Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693				
9 Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611					
10 Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676				
11 Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804				
12 Altura Promedio de la Probeta	cm.								
13 Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1289.6	1284.7	1292.1					
14 Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1290.5	1285.6	1292.9					
15 Peso de la Probeta en el Agua	gr.	755.6	753.1	757.0					
16 Volumen de la Probeta	c.c.	534.9	532.5	535.9					
17 Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.411	2.413	2.411	2.412				
18 Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.473	2.473	2.473					
19 Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.469	2.469	2.469					
20 % de Vacios	%	2.52	2.45	2.51	2.49	'3 - 5			
21 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654					
22 Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729					
23 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692					
24 C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536					
25 % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.84	85.90	85.85					
26 % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	11.64	11.65	11.64					
27 % Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	14.16	14.10	14.15	14.1	Min. 14			
28 C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.99	4.99	4.99					
29 Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	82.23	82.63	82.27	82.4				
30 Relacion Filler / Betun Efectivo		1.16	1.16	1.16	1.16				
31 Lectura de Carga	Kn	13.45	13.05	13.49					
32 Estabilidad Convertida	kg	1371	1331	1376					
33 Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96					
34 Estabilidad Corregida	kg	1317	1277	1321	1304.9	Min. 815			
35 Lectura del Fleximetro mm	mm.	4.79	4.51	4.24					
36 Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R								
37 Fluencia	mm.	4.79	4.51	4.24	4.5	'2 - 4			
38 Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2749	2833	3115	2898.6				

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código:  
RAP-ARAICMACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	RAP-05-22/01
TESISTA	YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	C.C.C
DISEÑO	DISEÑO RAP 20% + 4% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	J.V.C
PROCEDENCIA	CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE :	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	4%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-3618 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-3618 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

N	1	2	3	Prom.	ESPE.
1	Numero de Probeta				
2	C.A. en Peso de la Mezcla	6.00	6.00	6.00	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	48.88	48.88	48.88	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	39.67	39.67	39.67	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	5.45	5.45	5.45	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	1.018	1.018	1.018	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	2.674	2.674	2.674	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	2.712	2.712	2.712	2.693
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	2.611	2.611	2.611	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	2.740	2.740	2.740	2.676
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	2.804	2.804	2.804	2.804
12	Altura Promedio de la Probeta				
13	Peso de la Probeta en el Aire	1267.5	1291.5	1290.0	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	1268.4	1292.5	1290.7	
15	Peso de la Probeta en el Agua	740.2	757.1	756.2	
16	Volumen de la Probeta	528.2	535.4	534.5	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	2.400	2.412	2.413	2.408
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	2.464	2.464	2.464	
19	Maxima Densidad Teorica	2.450	2.450	2.450	
20	% de Vacios	2.59	2.08	2.03	2.24 '3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	2.654	2.654	2.654	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	2.729	2.729	2.729	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	2.692	2.692	2.692	
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	0.536	0.536	0.536	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	84.99	85.43	85.48	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	12.42	12.48	12.49	
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	15.01	14.57	14.52	14.7 Min. 14
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	5.50	5.50	5.50	
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	82.73	85.70	86.01	84.8
30	Relacion Filler / Betun Efectivo	1.06	1.06	1.06	1.06
31	Lectura de Carga	11.07	11.46	11.3	
32	Estabilidad Convertida	1129	1169	1152	
33	Factor de Estabilidad	0.96	0.96	0.96	
34	Estabilidad Corregida	1084	1122	1106	1103.9 Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	5.04	5.52	4.94	
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)				
37	Fluencia	5.04	5.52	4.94	5.2 '2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	2151	2032	2239	2141.0

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544



**"AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO"**

Código  
RAP-ARAICMACPVT-22-004

**GRAVEDAD ESPECIFICA MÁXIMA TEÓRICA DE MEZCLAS DE PAVIMENTOS BITUMINOSOS (ASTM D-2041/D-2041M-11)**

OBRA : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO  
 TESISISTA : YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA  
 DISEÑO : DISEÑO RAP 20% + 4% AR - ASTM D 3515 D-4  
 PROCEDENCIA : CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100

CERTIFICADO RAP-05-22/05  
 REALIZADO C.C.C  
 ING. RESPONSABLE J.V.C  
 FECHA 2/04/2022

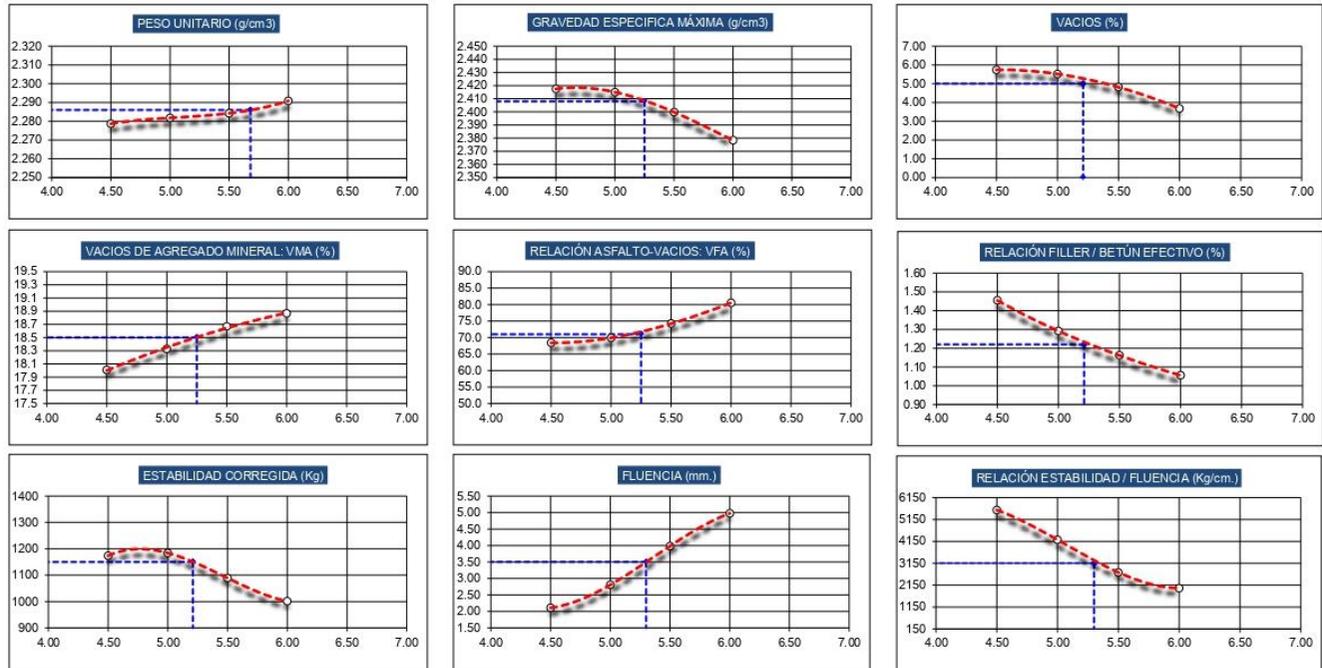
ENSAYO	Nº	1	2	3	4		
CEMENTO ASFALTICO	%	4.50	5.00	5.50	6.00		
PESO DEL MATERIAL	Gr.	1533.3	1539.5	1537.8	1520.0		
PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	Gr.	11749.0	11749.0	11749.0	11749.0		
PESO DEL MATERIAL+FRASCO+AGUA (en aire)	Gr.	13282.3	13288.5	13286.8	13269.0		
PESO DEL MATERIAL +FRASCO+AGUA (en agua)	Gr.	12672.0	12672.0	12665.0	12652.0		
VOLUMEN DEL MATERIAL	c.c.	610.3	616.5	621.8	617.0		
PESO ESPECIFICO MAXIMO	Gr/c.c.	2.512	2.497	2.473	2.464		
PESO ESPECIFICO MAXIMO corregido por temperatura	Gr/c.c.	2.512	2.497	2.473	2.464		
CORRRECCION POR TEMPERATURA		1.000	1.000	1.000	1.000		
TIEMPO DE ENSAYO	Min.	30'	30'	30'	30'		
PRESIÓN DE SUCCION ó VACIO	In Hg.	28.5	28.5	28.5	28.5		
TEMPERATURA DE ENSAYO	°C	25°C	25°C	25°C	25°C		
GRAVA TRITURADA 1"	%	18.0	18.0	18.0	18.0		
GRAVA TRITURADA 3/4"	%	23.0	23.0	23.0	23.0		
ARENA TRITURADA 3/8"	%	57.1	57.1	57.1	57.1		
FILLER (CAL)	%	1.88	1.88	1.88	1.88		
ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA	%	SI	SI	SI	SI		

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + OP 25 % RAP + AR 4% - ASTM D3515-D4**



RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño N° 1)				
	-0.3%	OPTIMO % C.A.	+ 0.3%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO	35	35	35	35
CEMENTO ASFÁLTICO	5.17	5.37	5.57	(+/- 0.2%)
PESO UNITARIO		2.286		
VACIOS		5.0		3 - 5
V.M.A.		18.5		Min 14
VACIOS LLENOS CON C.A. V.F.A.		71.0		
FLUENCIA		3.50		2 - 4
ESTABILIDAD		1150		Min. 453
RELACIÓN ESTABILIDAD / FLUENCIA		3286		1,700 - 4,000
ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD		5.62		Min. 5
ESTABILIDAD RETENIDA, 24 horas a 60°C		--		Min. 75
RESISTENCIA, TRACCIÓN INDIRECTA		--		Min. 80
Finos / Ligante		1.22		0.6 - 1.3

PARTICIPACIÓN DE AGREGADOS, FILLER Y CEMENTO ASFÁLTICO		
DOSIFICACION		
Grava triturada 1"	18.0	%
RAP triturada 3/4"	25.0	%
Arena Triturada 3/8"	55.1	%
FILLER - CAL	1.88	%
Agente Rejuvenecedor ITERLENE ACF	2.0	%
Cemento Asfáltico	5.37	%

OBSERVACIÓN:

---



---



---



---

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA10MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO : RAP-05-22/01
TESISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSSENIA			REALIZADO : C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 25% + 4% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE : J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA : 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA 162
TIPO LIGANTE :	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION 152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	4%	

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA		100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	4.50	4.50	4.50		
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.66	49.66	49.66		
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	40.30	40.30	40.30		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.54	5.54	5.54		
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674		
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693	
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611		
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676	
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804	
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1234.7	1243.8	1243.9		
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1275.7	1295.5	1296.8		
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	743.1	747.1	743.9		
16	Volumen de la Probeta	c.c.	532.6	548.4	552.9		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.318	2.268	2.250	2.279	
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.417	2.417	2.417		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.506	2.506	2.506		
20	% de Vacios	%	4.10	6.18	6.94	5.74	'3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654		
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729		
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692		
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	83.42	81.61	80.95		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	12.48	12.21	12.11		
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	16.58	18.39	19.05	18.0	Min. 13
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	3.99	3.99	3.99		
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	75.26	66.40	63.59	68.4	
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.45	1.45	1.45	1.45	
31	Lectura de Carga KN	Kn	13.68	14.42	14.54		
32	Estabilidad Convertida	kg	1395	1470	1483		
33	Factor de Estabilidad		0.81	0.81	0.81		
34	Estabilidad Corregida	kg	1130	1191	1201	1174.0	Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	1.99	2.30	2.04		
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R					
37	Fluencia	mm.	1.99	2.30	2.04	2.1	'2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	5678	5178	5887	5581.1	

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544



**"AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO"**

Código  
RAP-ARA/GMAC/PV-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 25% + 4% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	Tº MEZCLA	162
TIPO LIGANTE:	PEN 85/100	Nº GOLPES / lado	35	Tº COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	Tº CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	4%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < N° 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-5515 D-4	100	90 - 100	56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

N	1	2	3	Prom.	ESPE.
1	Numero de Probeta				
2	C.A. en Peso de la Mezcla	5.00	5.00	5.00	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	49.40	49.40	49.40	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	40.09	40.09	40.09	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	5.51	5.51	5.51	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc. 1.018	1.018	1.018	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc. 2.674	2.674	2.674	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc. 2.712	2.712	2.712	2.693
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc. 2.611	2.611	2.611	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc. 2.740	2.740	2.740	2.676
11	Peso Especifico Aparente del Filler < N°200	gr/cc. 2.804	2.804	2.804	2.804
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.			
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr. 1224.0	1244.2	1238.6	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr. 1288.3	1297.5	1294.9	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr. 751.5	753.5	751.2	
16	Volumen de la Probeta	c.c. 536.8	544.0	543.7	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc. 2.280	2.287	2.278	2.282
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc. 2.415	2.415	2.415	
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc. 2.487	2.487	2.487	
20	% de Vacios	% 5.58	5.30	5.67	5.52 '3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc. 2.654	2.654	2.654	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc. 2.729	2.729	2.729	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc. 2.692	2.692	2.692	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	% 0.536	0.536	0.536	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	% 81.62	81.86	81.54	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	% 12.80	12.84	12.79	
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	% 18.38	18.14	18.46	18.3 Min. 13
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	% 4.49	4.49	4.49	
29	Relacion Asfalto - Vacios: VFA	% 69.63	70.80	69.28	69.9
30	Relacion Filler / Betun Efectivo	1.29	1.29	1.29	1.29
31	Lectura de Carga	Kn 14.44	14.22	14.35	
32	Estabilidad Convertida	kg 1472	1450	1463	
33	Factor de Estabilidad	0.81	0.81	0.81	
34	Estabilidad Corregida	kg 1193	1175	1185	1184.1 Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	mm. 2.87	2.75	2.80	
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R			
37	Fluencia	mm. 2.87	2.75	2.80	2.8 '2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm. 4156	4271	4233	4219.9

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y  
SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO  
VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA0MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESTISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 25% + 4% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	Tº MEZCLA	162
TIPO LIGANTE:	PEN 85/100	Nº GOLPES / lado	35	Tº COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	Tº CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	4%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-3515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50		
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.14	49.14	49.14		
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.88	39.88	39.88		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.48	5.48	5.48		
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674		
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693	
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611		
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676	
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804	
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1217.6	1202.7	1210.1		
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1289.5	1284.6	1291.9		
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	756.6	757.1	763.0		
16	Volumen de la Probeta	c.c.	532.9	527.5	528.9		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.285	2.280	2.288	2.284	
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.400	2.400	2.400		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.469	2.469	2.469		
20	% de Vacios	%	4.79	4.99	4.66	4.81	3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654		
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729		
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	81.35	81.18	81.46		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	13.86	13.83	13.88		
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	18.65	18.82	18.54	18.7	Min. 13
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.99	4.99	4.99		
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	74.31	73.47	74.86	74.2	
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.16	1.16	1.16	1.16	
31	Lectura de Carga	Kn	13.45	13	13.11		
32	Estabilidad Convertida	kg	1371	1326	1337		
33	Factor de Estabilidad		0.81	0.81	0.81		
34	Estabilidad Corregida	kg	1111	1074	1083	1089.2	Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	3.99	4.01	3.95		
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R					
37	Fluencia	mm.	3.99	4.01	3.95	4.0	2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2784	2678	2741	2734.4	

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP. 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y  
SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO  
VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA0MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESTISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 25% + 4% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO	: LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	: MECANICO	Tº MEZCLA	: 162
TIPO LIGANTE	: PEN 85/100	Nº GOLPES / lado	: 35	Tº COMPACTACION	: 152
TIPO DE AGREGADO	: TRITURADO	TIEMPO DE CURADO	: 60 min	Tº CURADO	: NO
TIPO FILLER	: CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	: 4%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA		100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8	
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8	

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.		
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50				
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.14	49.14	49.14				
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.88	39.88	39.88				
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.48	5.48	5.48				
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018				
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674				
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693			
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611				
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676			
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804			
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.							
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1217.6	1202.7	1210.1				
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1289.5	1284.6	1291.9				
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	756.6	757.1	763.0				
16	Volumen de la Probeta	c.c.	532.9	527.5	528.9				
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.285	2.280	2.288	2.284			
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.400	2.400	2.400				
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.469	2.469	2.469				
20	% de Vacios	%	4.79	4.99	4.66	4.81	3 - 5		
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654				
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729				
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692				
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536				
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	81.35	81.18	81.46				
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	13.86	13.83	13.88				
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	18.65	18.82	18.54	18.7	Min. 13		
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.99	4.99	4.99				
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	74.31	73.47	74.86	74.2			
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.16	1.16	1.16	1.16			
31	Lectura de Carga	Kn	13.45	13	13.11				
32	Estabilidad Convertida	kg	1371	1326	1337				
33	Factor de Estabilidad		0.81	0.81	0.81				
34	Estabilidad Corregida	kg	1111	1074	1083	1089.2	Min. 815		
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	3.99	4.01	3.95				
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R							
37	Fluencia	mm.	3.99	4.01	3.95	4.0	2 - 4		
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2784	2678	2741	2734.4			

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y  
SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA  
BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código:  
RAP-ARAICMACPVT-22-004

**GRAVEDAD ESPECIFICA MÁXIMA TEÓRICA DE MEZCLAS DE PAVIMENTOS BITUMINOSOS  
(ASTM D-2041/D-2041M-11)**

<b>OBRA</b>	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO	<b>CERTIFICADO</b>	RAP-05-22/05
<b>TESISTA</b>	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA	<b>REALIZADO</b>	C.C.C
<b>DISEÑO</b>	: DISEÑO RAP 25% + 4% AR - ASTM D 3515 D-4	<b>ING. RESPONSABLE</b>	J.V.C
<b>PROCEDENCIA</b>	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100	<b>FECHA</b>	2/04/2022

ENSAYO	Nº	1	2	3	4		
CEMENTO ASFALTICO	%	4.50	5.00	5.50	6.00		
PESO DEL MATERIAL	Gr.	1521.3	1527.5	1525.8	1508.1		
PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	Gr.	11748.0	11748.0	11748.0	11748.0		
PESO DEL MATERIAL+FRASCO+AGUA (en aire)	Gr.	13269.3	13275.5	13273.8	13256.1		
PESO DEL MATERIAL +FRASCO+AGUA (en agua)	Gr.	12640.0	12643.0	12638.0	12622.0		
VOLUMEN DEL MATERIAL	c.c.	629.3	632.5	635.8	634.1		
PESO ESPECIFICO MAXIMO	Gr/c.c.	2.417	2.415	2.400	2.378		
PESO ESPECIFICO MAXIMO corregido por temperatura	Gr/c.c.	2.417	2.415	2.400	2.378		
CORRECCION POR TEMPERATURA		1.000	1.000	1.000	1.000		
TIEMPO DE ENSAYO	Min.	30'	30'	30'	30'		
PRESIÓN DE SUCCION ó VACIO	In Hg.	28.5	28.5	28.5	28.5		
TEMPERATURA DE ENSAYO	°C	25°C	25°C	25°C	25°C		
GRAVA TRITURADA 1"	%	18.0	18.0	18.0	18.0		
GRAVA TRITURADA 3/4"	%	23.0	23.0	23.0	23.0		
ARENA TRITURADA 3/8"	%	57.1	57.1	57.1	57.1		
FILLER (CAL)	%	1.88	1.88	1.88	1.88		
ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA	%	SI	SI	SI	SI		

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y  
SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA  
BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código:  
RAP-ARAICMACPVT-22-004

**GRAVEDAD ESPECIFICA MÁXIMA TEÓRICA DE MEZCLAS DE PAVIMENTOS BITUMINOSOS  
(ASTM D-2041/D-2041M-11)**

<b>OBRA</b>	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO	<b>CERTIFICADO</b>	RAP-05-22/05
<b>TESISTA</b>	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA	<b>REALIZADO</b>	C.C.C
<b>DISEÑO</b>	: DISEÑO RAP 25% + 4% AR - ASTM D 3515 D-4	<b>ING. RESPONSABLE</b>	J.V.C
<b>PROCEDENCIA</b>	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100	<b>FECHA</b>	2/04/2022

ENSAYO	Nº	1	2	3	4		
CEMENTO ASFALTICO	%	4.50	5.00	5.50	6.00		
PESO DEL MATERIAL	Gr.	1521.3	1527.5	1525.8	1508.1		
PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	Gr.	11748.0	11748.0	11748.0	11748.0		
PESO DEL MATERIAL+FRASCO+AGUA (en aire)	Gr.	13269.3	13275.5	13273.8	13256.1		
PESO DEL MATERIAL +FRASCO+AGUA (en agua)	Gr.	12640.0	12643.0	12638.0	12622.0		
VOLUMEN DEL MATERIAL	c.c.	629.3	632.5	635.8	634.1		
PESO ESPECIFICO MAXIMO	Gr/c.c.	2.417	2.415	2.400	2.378		
PESO ESPECIFICO MAXIMO corregido por temperatura	Gr/c.c.	2.417	2.415	2.400	2.378		
CORRECCION POR TEMPERATURA		1.000	1.000	1.000	1.000		
TIEMPO DE ENSAYO	Min.	30'	30'	30'	30'		
PRESIÓN DE SUCCION ó VACIO	In Hg.	28.5	28.5	28.5	28.5		
TEMPERATURA DE ENSAYO	°C	25°C	25°C	25°C	25°C		
GRAVA TRITURADA 1"	%	18.0	18.0	18.0	18.0		
GRAVA TRITURADA 3/4"	%	23.0	23.0	23.0	23.0		
ARENA TRITURADA 3/8"	%	57.1	57.1	57.1	57.1		
FILLER (CAL)	%	1.88	1.88	1.88	1.88		
ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA	%	SI	SI	SI	SI		

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP. 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA0MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO		REGISTRO	: RAP-05-22/01	
TESISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSSENIA		REALIZADO	: C.C.C	
DISEÑO	: DISEÑO RAP 30% + 4% AR - ASTM D 3515 D-4		ING. RESPONSABLE	: J.V.C	
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100		FECHA	: 2/04/2022	
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE :	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	4%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.			
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	4.50	4.50	4.50					
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.66	49.66	49.66					
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	40.30	40.30	40.30					
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.54	5.54	5.54					
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018					
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674					
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693				
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611					
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676				
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.								
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1241.7	1241.8	1243.9					
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1245.7	1265.5	1266.8					
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	713.1	732.1	733.9					
16	Volumen de la Probeta	c.c.	532.6	533.4	532.9					
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.331	2.328	2.334	2.331				
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.476	2.476	2.476					
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.506	2.506	2.506					
20	% de Vacios	%	5.82	5.96	5.71	5.83	'3 - 5			
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654					
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729					
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692					
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536					
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	83.89	83.77	83.99					
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	10.29	10.27	10.30					
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	16.11	16.23	16.01	16.1	Min. 13			
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	3.99	3.99	3.99					
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	63.86	63.30	64.34	63.8				
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.45	1.45	1.45	1.45				
31	Lectura de Carga KN	Kn	15.24	15.11	14.89					
32	Estabilidad Convertida	kg	1554	1541	1518					
33	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96					
34	Estabilidad Corregida	kg	1492	1479	1458	1476.2	Min. 815			
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	2.21	2.15	2.08					
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R								
37	Fluencia	mm.	2.21	2.15	2.08	2.1	'2 - 4			
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	6751	6880	7008	6879.3				

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA0MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO		REGISTRO	: RAP-05-22/01	
TESISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSSENIA		REALIZADO	: C.C.C	
DISEÑO	: DISEÑO RAP 30% + 4% AR - ASTM D 3515 D-4		ING. RESPONSABLE	: J.V.C	
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100		FECHA	: 2/04/2022	
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE :	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	4%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.			
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	4.50	4.50	4.50					
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.66	49.66	49.66					
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	40.30	40.30	40.30					
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.54	5.54	5.54					
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018					
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674					
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693				
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611					
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676				
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.								
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1241.7	1241.8	1243.9					
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1245.7	1265.5	1266.8					
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	713.1	732.1	733.9					
16	Volumen de la Probeta	c.c.	532.6	533.4	532.9					
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.331	2.328	2.334	2.331				
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.476	2.476	2.476					
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.506	2.506	2.506					
20	% de Vacios	%	5.82	5.96	5.71	5.83	'3 - 5			
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654					
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729					
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692					
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536					
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	83.89	83.77	83.99					
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	10.29	10.27	10.30					
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	16.11	16.23	16.01	16.1	Min. 13			
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	3.99	3.99	3.99					
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	63.86	63.30	64.34	63.8				
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.45	1.45	1.45	1.45				
31	Lectura de Carga KN	Kn	15.24	15.11	14.89					
32	Estabilidad Convertida	kg	1554	1541	1518					
33	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96					
34	Estabilidad Corregida	kg	1492	1479	1458	1476.2	Min. 815			
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	2.21	2.15	2.08					
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R								
37	Fluencia	mm.	2.21	2.15	2.08	2.1	'2 - 4			
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	6751	6880	7008	6879.3				

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y  
SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO  
VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA0MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESTISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 30% + 4% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	Tº MEZCLA	162
TIPO LIGANTE:	PEN 85/100	Nº GOLPES / lado	35	Tº COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	Tº CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	4%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-3515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50		
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.14	49.14	49.14		
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.88	39.88	39.88		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.48	5.48	5.48		
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674		
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693	
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611		
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676	
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804	
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1212.9	1219.6	1221.8		
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1286.5	1286.6	1288.9		
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	748.6	739.1	741.0		
16	Volumen de la Probeta	c.c.	537.9	547.5	547.9		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.255	2.228	2.230	2.237	
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.335	2.335	2.335		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.469	2.469	2.469		
20	% de Vacios	%	3.42	4.59	4.49	4.17	3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654		
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729		
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	80.29	79.31	79.40		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	16.29	16.10	16.11		
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	19.71	20.69	20.60	20.3	Min. 13
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.99	4.99	4.99		
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	82.64	77.81	78.21	79.6	
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.16	1.16	1.16	1.16	
31	Lectura de Carga	Kn	13.25	13.22	13.09		
32	Estabilidad Convertida	kg	1351	1348	1335		
33	Factor de Estabilidad		0.93	0.89	0.89		
34	Estabilidad Corregida	kg	1257	1200	1188	1214.7	Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	3.87	3.75	3.51		
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R					
37	Fluencia	mm.	3.87	3.75	3.51	3.7	2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3247	3199	3385	3276.9	

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP. 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y  
SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO  
VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA0MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESTISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 30% + 4% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE:	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	4%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-3515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00		
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	48.88	48.88	48.88		
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.67	39.67	39.67		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.45	5.45	5.45		
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674		
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693	
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611		
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676	
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804	
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1225.0	1223.0	1227.0		
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1279.4	1295.5	1291.7		
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	727.2	745.9	741.2		
16	Volumen de la Probeta	c.c.	552.2	549.6	550.5		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.218	2.225	2.229	2.224	
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.300	2.300	2.300		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.450	2.450	2.450		
20	% de Vacios	%	3.56	3.26	3.10	3.31	3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654		
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729		
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	78.57	78.81	78.94		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	17.87	17.93	17.96		
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	21.43	21.19	21.06	21.2	Min. 13
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50		
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	83.39	84.60	85.26	84.4	
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.06	1.06	1.06	1.06	
31	Lectura de Carga	Kn	12.11	12.05	11.99		
32	Estabilidad Convertida	kg	1235	1229	1223		
33	Factor de Estabilidad		0.89	0.89	0.89		
34	Estabilidad Corregida	kg	1099	1094	1088	1093.6	Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	5.10	5.05	5.12		
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R					
37	Fluencia	mm.	5.10	5.05	5.12	5.1	2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2155	2165	2125	2148.6	

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y  
SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO  
VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA0MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESTISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 30% + 4% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	Tº MEZCLA	162
TIPO LIGANTE:	PEN 85/100	Nº GOLPES / lado	35	Tº COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	Tº CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	4%		

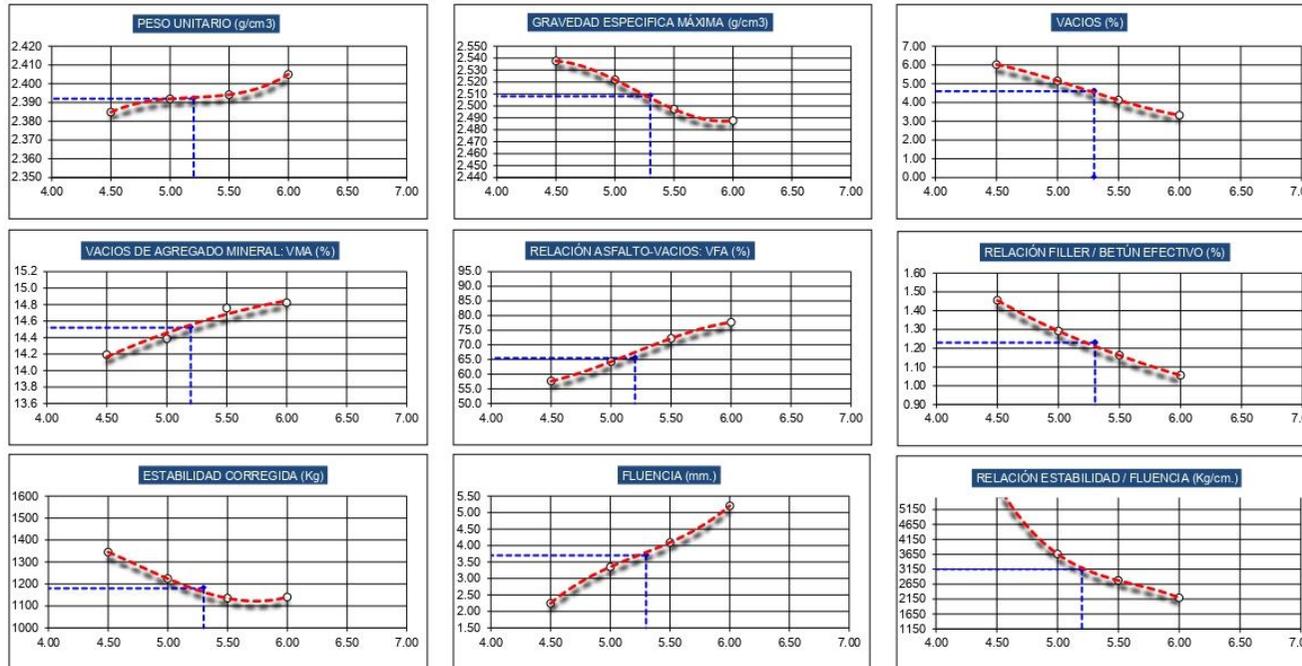
MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-3515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00		
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	48.88	48.88	48.88		
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.67	39.67	39.67		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.45	5.45	5.45		
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674		
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693	
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611		
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676	
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804	
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1225.0	1223.0	1227.0		
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1279.4	1295.5	1291.7		
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	727.2	745.9	741.2		
16	Volumen de la Probeta	c.c.	552.2	549.6	550.5		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.218	2.225	2.229	2.224	
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.300	2.300	2.300		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.450	2.450	2.450		
20	% de Vacios	%	3.56	3.26	3.10	3.31	3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654		
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729		
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	78.57	78.81	78.94		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	17.87	17.93	17.96		
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	21.43	21.19	21.06	21.2	Min. 13
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50		
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	83.39	84.60	85.26	84.4	
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.06	1.06	1.06	1.06	
31	Lectura de Carga	Kn	12.11	12.05	11.99		
32	Estabilidad Convertida	kg	1235	1229	1223		
33	Factor de Estabilidad		0.89	0.89	0.89		
34	Estabilidad Corregida	kg	1099	1094	1088	1093.6	Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	5.10	5.05	5.12		
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R					
37	Fluencia	mm.	5.10	5.05	5.12	5.1	2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2155	2165	2125	2148.6	

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + OP 20 % RAP + AR 5% - ASTM D3515-D4**



RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño N° 2)				
	-0.3%	OPTIMO % C.A.	+ 0.3%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO	35	35	35	35
CEMENTO ASFÁLTICO	5.07	5.27	5.47	(+/- 0.2%)
PESO UNITARIO		2.392		
VACIOS		4.6		3 - 5
V.M.A.		14.5		Min 14
VACIOS LLENOS CON C.A. V.F.A.		65.5		
FLUENCIA		3.70		2 - 4
ESTABILIDAD		1180		Min. 453
RELACIÓN ESTABILIDAD / FLUENCIA		3189		1,700 - 4,000
ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD		5.65		Min. 5
ESTABILIDAD RETENIDA, 24 horas a 60°C		---		Min. 75
RESISTENCIA, TRACCIÓN INDIRECTA		---		Min. 80
Finos / Ligante		1.23		0.6 - 1.3

PARTICIPACIÓN DE AGREGADOS, FILLER Y CEMENTO ASFÁLTICO	
<b>DOSIFICACION</b>	
Grava triturada 1"	32.0 %
RAP triturada 3/4"	20.0 %
Arena Triturada 3/8"	46.8 %
FILLER - CAL	1.16 %
Agente Rejuvenecedor ITERLENE ACF	2.0 %
Cemento Asfáltico	5.27 %

**OBSERVACIÓN:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_





**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código:  
RAP-ARAICMACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 20% + 5% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 20/4/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE :	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	5%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-3515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

N	1	2	3	Prom.	ESPE.
1	Numero de Probeta				
2	C.A. en Peso de la Mezcla	4.50	4.50	4.50	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	49.66	49.66	49.66	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	40.30	40.30	40.30	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	5.54	5.54	5.54	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	1.018	1.018	1.018	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	2.674	2.674	2.674	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	2.712	2.712	2.712	2.693
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	2.611	2.611	2.611	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	2.740	2.740	2.740	2.676
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	2.804	2.804	2.804	2.804
12	Altura Promedio de la Probeta				
13	Peso de la Probeta en el Aire	1291.5	1294.8	1293.5	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	1295.7	1291.5	1295.8	
15	Peso de la Probeta en el Agua	752.1	751.8	752.2	
16	Volumen de la Probeta	543.6	539.7	543.6	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	2.376	2.399	2.380	2.385
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	2.538	2.538	2.538	
19	Maxima Densidad Teorica	2.506	2.506	2.506	
20	% de Vacios	6.37	5.46	6.23	6.02 '3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	2.654	2.654	2.654	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	2.729	2.729	2.729	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	2.692	2.692	2.692	
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	0.536	0.536	0.536	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	85.49	86.32	85.62	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	8.14	8.22	8.15	
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	14.51	13.68	14.38	14.2 Min. 14
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	3.99	3.99	3.99	
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	56.08	60.10	56.69	
30	Relacion Filler / Betun Efectivo	1.45	1.45	1.45	1.45
31	Lectura de Carga KN	14.57	14	13.98	
32	Estabilidad Convertida	1486	1428	1426	
33	Factor de Estabilidad	0.93	0.93	0.93	
34	Estabilidad Corregida	1382	1328	1326	1345.0 Min. 453
35	Lectura del Fleximetro mm	2.21	2.50	2.02	
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R			
37	Fluencia	2.21	2.50	2.02	2.2 '2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	6252	5311	6563	6041.9

**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544

	<b>“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”</b>	<b>Código:</b> <b>RAP-ARAICMACPVT-22-001</b>
---	---	---

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

<b>ENSAYOS</b> : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO	<b>REGISTRO</b> : RAP-05-22/01	
<b>TESISTA</b> : YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA	<b>REALIZADO</b> : C.C.C	
<b>DISEÑO</b> : DISEÑO RAP 20% + 5% AR - ASTM D 3515 D-4	<b>ING. RESPONSABLE</b> : J.V.C	
<b>PROCEDENCIA</b> : CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100	<b>FECHA</b> : 20/4/2022	
<b>LUGAR DE MOLDEO</b> : LABORATORIO GMC	<b>TIPO DE MARTILLO</b> : MECANICO	<b>T° MEZCLA</b> : 162
<b>TIPO LIGANTE</b> : PEN 85/100	<b>N° GOLPES /lado</b> : 35	<b>T° COMPACTACION</b> : 152
<b>TIPO DE AGREGADO</b> : TRITURADO	<b>TIEMPO DE CURADO</b> : 60 min	<b>T° CURADO</b> : NO
<b>TIPO FILLER</b> : CAL	<b>% AGENTE REJUVENECEDOR</b> : 5%	

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1*	3/4*	1/2*	3/8*	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

<b>MEZCLA ARIDOS FISICA</b>			<b>100.0</b>	<b>98.2</b>	<b>87.1</b>	<b>75.6</b>	<b>48.0</b>	<b>36.3</b>	---	---	<b>12.2</b>	---	<b>5.8</b>
<b>ESPECIFICACION</b>	ASTM D-3515 D-4		<b>100</b>	<b>90 - 100</b>		<b>56 - 80</b>	<b>36 - 65</b>	<b>23 - 49</b>			<b>5 - 19</b>		<b>2 - 8</b>

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00		
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.40	49.40	49.40		
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	40.09	40.09	40.09		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.51	5.51	5.51		
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674		
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	<b>2.693</b>	
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611		
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	<b>2.676</b>	
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	<b>2.804</b>	
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	<b>1284.0</b>	<b>1297.2</b>	<b>1291.6</b>		
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	<b>1298.3</b>	<b>1290.2</b>	<b>1294.9</b>		
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	<b>758.8</b>	<b>751.3</b>	<b>754.2</b>		
16	Volumen de la Probeta	c.c.	539.5	538.9	540.7		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	<b>2.380</b>	<b>2.407</b>	<b>2.389</b>	<b>2.392</b>	
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.522	2.522	2.522		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.487	2.487	2.487		
20	% de Vacios	%	5.63	4.55	5.28	5.15	*3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654		
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729		
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.19	86.16	85.50		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	9.19	9.29	9.22		
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	14.81	13.84	14.50	<b>14.4</b>	Min. 14
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.49	4.49	4.49		
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	62.02	67.13	63.60	<b>64.3</b>	
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.29	1.29	1.29	<b>1.29</b>	
31	Lectura de Carga	Kn	<b>12.54</b>	<b>13.32</b>	<b>12.87</b>		
32	Estabilidad Convertida	kg	1279	1358	1312		
33	Factor de Estabilidad		0.93	0.93	0.93		
34	Estabilidad Corregida	kg	1189	1263	1220	<b>1224.3</b>	Min. 453
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	3.45	3.45	3.15		
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R					
37	Fluencia	mm.	3.45	3.45	3.15	3.4	*2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3447	3661	3875	<b>3661.0</b>	

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código:  
RAP-ARAICMACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	RAP-05-22/01
TESISTA	YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	C.C.C
DISEÑO	DISEÑO RAP 20% + 5% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	J.V.C
PROCEDENCIA	CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE :	PEN 85/100	N° GOLPES /lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	5%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < N° 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-3515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

	N	1	2	3	Prom.	ESPE.
1 Numero de Probeta						
2 C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50		
3 % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.14	49.14	49.14		
4 % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.88	39.88	39.88		
5 % de Filler en Peso de Mezcla	%	5.48	5.48	5.48		
6 Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
7 Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674		
8 Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693	
9 Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611		
10 Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676	
11 Peso Especifico Aparente del Filler < N°200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804	
12 Altura Promedio de la Probeta	cm.					
13 Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1297.6	1288.7	1295.1		
14 Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1293.5	1287.6	1298.9		
15 Peso de la Probeta en el Agua	gr.	754.6	752.1	752.0		
16 Volumen de la Probeta	c.c.	538.9	535.5	546.9		
17 Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.408	2.407	2.368	2.394	
18 Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.497	2.497	2.497		
19 Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.469	2.469	2.469		
20 % de Vacios	%	3.58	3.63	5.17	4.13	*3 - 5
21 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654		
22 Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729		
23 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692		
24 C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536		
25 % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.73	85.69	84.32		
26 % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	10.69	10.68	10.51		
27 % Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	14.27	14.31	15.68	14.8	Min. 14
28 C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.99	4.99	4.99		
29 Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	74.92	74.63	67.03	72.2	
30 Relacion Filler / Betun Efectivo		1.16	1.16	1.16	1.16	
31 Lectura de Carga	Kn	12.11	11.45	11.98		
32 Estabilidad Convertida	kg	1235	1168	1222		
33 Factor de Estabilidad		0.93	0.96	0.93		
34 Estabilidad Corregida	kg	1148	1121	1136	1135.1	Min. 453
35 Lectura del Fleximetro mm	mm.	4.15	3.99	4.14		
36 Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R					
37 Fluencia	mm.	4.15	3.99	4.14	4.1	*2 - 4
38 Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2767	2809	2744	2773.5	

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código:  
RAP-ARAICMACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO :	RAP-05-22/01
TESISTA	YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO :	C.C.C
DISEÑO	DISEÑO RAP 20% + 5% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE :	J.V.C
PROCEDECENCIA	CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA :	2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE :	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	5%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-3815 D-4	100	90 - 100	56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.
2 C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00		
3 % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	48.88	48.88	48.88		
4 % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.67	39.67	39.67		
5 % de Filler en Peso de Mezcla	%	5.45	5.45	5.45		
6 Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
7 Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674		
8 Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693	
9 Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611		
10 Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676	
11 Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804	
12 Altura Promedio de la Probeta	cm.					
13 Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1257.5	1281.5	1280.0		
14 Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1258.4	1282.5	1280.7		
15 Peso de la Probeta en el Agua	gr.	740.2	747.1	746.2		
16 Volumen de la Probeta	c.c.	518.2	535.4	534.5		
17 Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.427	2.394	2.395	2.405	
18 Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.488	2.488	2.488		
19 Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.450	2.450	2.450		
20 % de Vacios	%	2.45	3.78	3.73	3.32	'3 - 5
21 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654		
22 Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729		
23 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692		
24 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536		
25 % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.94	84.77	84.81		
26 % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	11.60	11.45	11.45		
27 % Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	14.06	15.23	15.19	14.8	Min. 14
28 C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50		
29 Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	82.56	75.16	75.41	77.7	
30 Relacion Filler / Betun Efectivo		1.06	1.06	1.06	1.06	
31 Lectura de Carga	Kn	11.47	11.57	11.43		
32 Estabilidad Convertida	kg	1170	1180	1166		
33 Factor de Estabilidad		1.00	0.96	0.96		
34 Estabilidad Corregida	kg	1170	1133	1119	1140.4	Min. 453
35 Lectura del Fleximetro mm	mm.	5.15	5.45	5.01		
36 Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R					
37 Fluencia	mm.	5.15	5.45	5.01	5.2	'2 - 4
38 Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2271	2078	2233	2194.2	

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código:  
RAP-ARAICMACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	RAP-05-22/01
TESISTA	YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	C.C.C
DISEÑO	DISEÑO RAP 20% + 5% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	J.V.C
PROCEDENCIA	CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE :	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	5%		

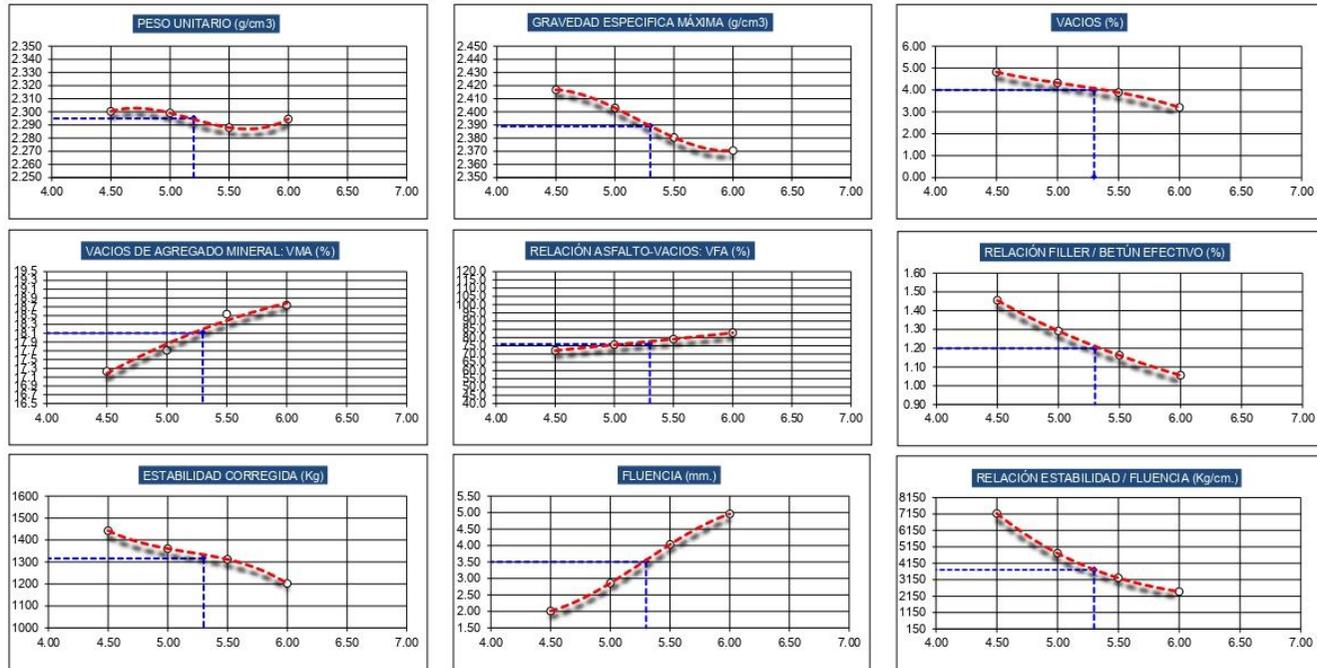
MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100	56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.
2 C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00		
3 % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	48.88	48.88	48.88		
4 % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.67	39.67	39.67		
5 % de Filler en Peso de Mezcla	%	5.45	5.45	5.45		
6 Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
7 Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674		
8 Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693	
9 Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611		
10 Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676	
11 Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804	
12 Altura Promedio de la Probeta	cm.					
13 Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1257.5	1281.5	1280.0		
14 Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1258.4	1282.5	1280.7		
15 Peso de la Probeta en el Agua	gr.	740.2	747.1	746.2		
16 Volumen de la Probeta	c.c.	518.2	535.4	534.5		
17 Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.427	2.394	2.395	2.405	
18 Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.488	2.488	2.488		
19 Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.450	2.450	2.450		
20 % de Vacios	%	2.45	3.78	3.73	3.32	*3 - 5
21 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654		
22 Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729		
23 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692		
24 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536		
25 % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.94	84.77	84.81		
26 % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	11.60	11.45	11.45		
27 % Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	14.06	15.23	15.19	14.8	Min. 14
28 C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50		
29 Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	82.56	75.16	75.41	77.7	
30 Relacion Filler / Betun Efectivo		1.06	1.06	1.06	1.06	
31 Lectura de Carga	Kn	11.47	11.57	11.43		
32 Estabilidad Convertida	kg	1170	1180	1166		
33 Factor de Estabilidad		1.00	0.96	0.96		
34 Estabilidad Corregida	kg	1170	1133	1119	1140.4	Min. 453
35 Lectura del Fleximetro mm	mm.	5.15	5.45	5.01		
36 Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R					
37 Fluencia	mm.	5.15	5.45	5.01	5.2	*2 - 4
38 Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2271	2078	2233	2194.2	

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + OP 25 % RAP + AR 5% - ASTM D3515-D4**



RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño N° 2)				
	-0.3%	OPTIMO % C.A.	+ 0.3%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO	35	35	35	35
CEMENTO ASFÁLTICO	5.07	5.27	5.47	(+/- 0.2%)
PESO UNITARIO		2.295		
VACIOS		4.0		3 - 5
V.M.A.		18.1		Min 14
VACIOS LLENOS CON C.A. V.F.A.		76.0		
FLUENCIA		3.50		2 - 4
ESTABILIDAD		1316		Min. 453
RELACIÓN ESTABILIDAD / FLUENCIA		3760		1,700 - 4,000
ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD		5.62		Min. 5
ESTABILIDAD RETENIDA, 24 horas a 60°C		--		Min. 75
RESISTENCIA, TRACCIÓN INDIRECTA		--		Min. 80
Finos / Ligante		1.20		0.6 - 1.3

PARTICIPACIÓN DE AGREGADOS, FILLER Y CEMENTO ASFÁLTICO	
<b>DOSIFICACION</b>	
Grava triturada 1"	18.0 %
RAP triturada 3/4"	25.0 %
Arena Triturada 3/8"	55.1 %
FILLER - CAL	1.88 %
Agente Rejuvenecedor ITERLENE ACF	2.0 %
Cemento Asfáltico	5.27 %
<b>OBSERVACIÓN:</b>	

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259744



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA10MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO		REGISTRO :	RAP-05-22/01	
TESISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSSENIA		REALIZADO :	C.C.C	
DISEÑO	: DISEÑO RAP 25% + 5% AR - ASTM D 3515 D-4		ING. RESPONSABLE :	J.V.C	
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100		FECHA :	2/04/2022	
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE :	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	5%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-515 D-4	100	90 - 100	56 - 80	36 - 65	23 - 49				5 - 19		2 - 8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.			
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	4.50	4.50	4.50					
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.66	49.66	49.66					
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	40.30	40.30	40.30					
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.54	5.54	5.54					
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018					
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674					
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693				
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611					
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676				
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.								
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1254.7	1243.8	1243.9					
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1295.7	1295.5	1296.8					
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	753.1	754.1	753.9					
16	Volumen de la Probeta	c.c.	542.6	541.4	542.9					
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.312	2.297	2.291	2.300				
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.417	2.417	2.417					
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.506	2.506	2.506					
20	% de Vacios	%	4.32	4.94	5.20	4.82				3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654					
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729					
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692					
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536					
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	83.20	82.66	82.44					
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	12.48	12.40	12.36					
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	16.80	17.34	17.56	17.2				Min. 13
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	3.99	3.99	3.99					
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	74.28	71.50	70.41	72.1				
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.45	1.45	1.45	1.45				
31	Lectura de Carga KN	Kn	14.68	15.42	15.54					
32	Estabilidad Convertida	kg	1497	1572	1585					
33	Factor de Estabilidad		0.93	0.93	0.93					
34	Estabilidad Corregida	kg	1392	1462	1474	1442.7				Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	2.13	1.94	1.97					
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R								
37	Fluencia	mm.	2.13	1.94	1.97	2.0				2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	6536	7538	7481	7184.7				

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA0MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 25% + 5% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE :	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	5%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA		100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8	
ESPECIFICACION	ASTM D-515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8	

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.			
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	4.50	4.50	4.50					
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.66	49.66	49.66					
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	40.30	40.30	40.30					
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.54	5.54	5.54					
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018					
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674					
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693				
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611					
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676				
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.								
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1254.7	1243.8	1243.9					
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1295.7	1295.5	1296.8					
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	753.1	754.1	753.9					
16	Volumen de la Probeta	c.c.	542.6	541.4	542.9					
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.312	2.297	2.291	2.300				
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.417	2.417	2.417					
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.506	2.506	2.506					
20	% de Vacios	%	4.32	4.94	5.20	4.82				3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654					
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729					
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692					
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536					
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	83.20	82.66	82.44					
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	12.48	12.40	12.36					
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	16.80	17.34	17.56	17.2				Min. 13
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	3.99	3.99	3.99					
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	74.28	71.50	70.41	72.1				
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.45	1.45	1.45	1.45				
31	Lectura de Carga KN	Kn	14.68	15.42	15.54					
32	Estabilidad Convertida	kg	1497	1572	1585					
33	Factor de Estabilidad		0.93	0.93	0.93					
34	Estabilidad Corregida	kg	1392	1462	1474	1442.7				Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	2.13	1.94	1.97					
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R								
37	Fluencia	mm.	2.13	1.94	1.97	2.0				2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	6536	7538	7481	7184.7				

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP. 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y  
SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO  
VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA0MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESTISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 25% + 5% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	Tº MEZCLA	162
TIPO LIGANTE:	PEN 85/100	Nº GOLPES / lado	35	Tº COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	Tº CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	5%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-3515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50		
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.14	49.14	49.14		
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.88	39.88	39.88		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.48	5.48	5.48		
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674		
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693	
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611		
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676	
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804	
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1219.6	1204.7	1212.1		
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1291.5	1286.6	1293.9		
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	758.6	759.1	765.0		
16	Volumen de la Probeta	c.c.	532.9	527.5	528.9		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.289	2.284	2.292	2.288	
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.380	2.380	2.380		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.469	2.469	2.469		
20	% de Vacios	%	3.86	4.06	3.73	3.88	3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654		
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729		
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	81.49	81.31	81.60		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	14.65	14.62	14.67		
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	18.51	18.69	18.40	18.5	Min. 14
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.99	4.99	4.99		
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	79.15	78.26	79.74	79.1	
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.16	1.16	1.16	1.16	
31	Lectura de Carga	Kn	13.55	13.15	13.5		
32	Estabilidad Convertida	kg	1382	1341	1377		
33	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96		
34	Estabilidad Corregida	kg	1326	1287	1322	1311.7	Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	4.19	4.01	3.89		
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R					
37	Fluencia	mm.	4.19	4.01	3.89	4.0	2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3166	3210	3397	3257.7	

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y  
SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO  
VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA0MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESTISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 25% + 5% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE:	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	5%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-3515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00		
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	48.88	48.88	48.88		
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.67	39.67	39.67		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.45	5.45	5.45		
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674		
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693	
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611		
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676	
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804	
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1212.5	1227.5	1227.0		
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1268.4	1292.5	1290.7		
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	740.2	757.1	756.2		
16	Volumen de la Probeta	c.c.	528.2	535.4	534.5		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.296	2.293	2.296	2.295	
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.370	2.370	2.370		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.450	2.450	2.450		
20	% de Vacios	%	3.16	3.28	3.16	3.20	3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654		
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729		
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	81.30	81.20	81.30		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	15.54	15.52	15.54		
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	18.70	18.80	18.70	18.7	Min. 14
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50		
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	83.09	82.54	83.10	82.9	
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.06	1.06	1.06	1.06	
31	Lectura de Carga	Kn	12.07	12.46	12.3		
32	Estabilidad Convertida	kg	1231	1271	1254		
33	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96		
34	Estabilidad Corregida	kg	1182	1220	1204	1201.8	Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	6.12	4.98	4.78		
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R					
37	Fluencia	mm.	5.12	4.98	4.78	5.0	2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2308	2449	2519	2425.3	

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA0MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESTISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 25% + 5% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE:	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	5%		

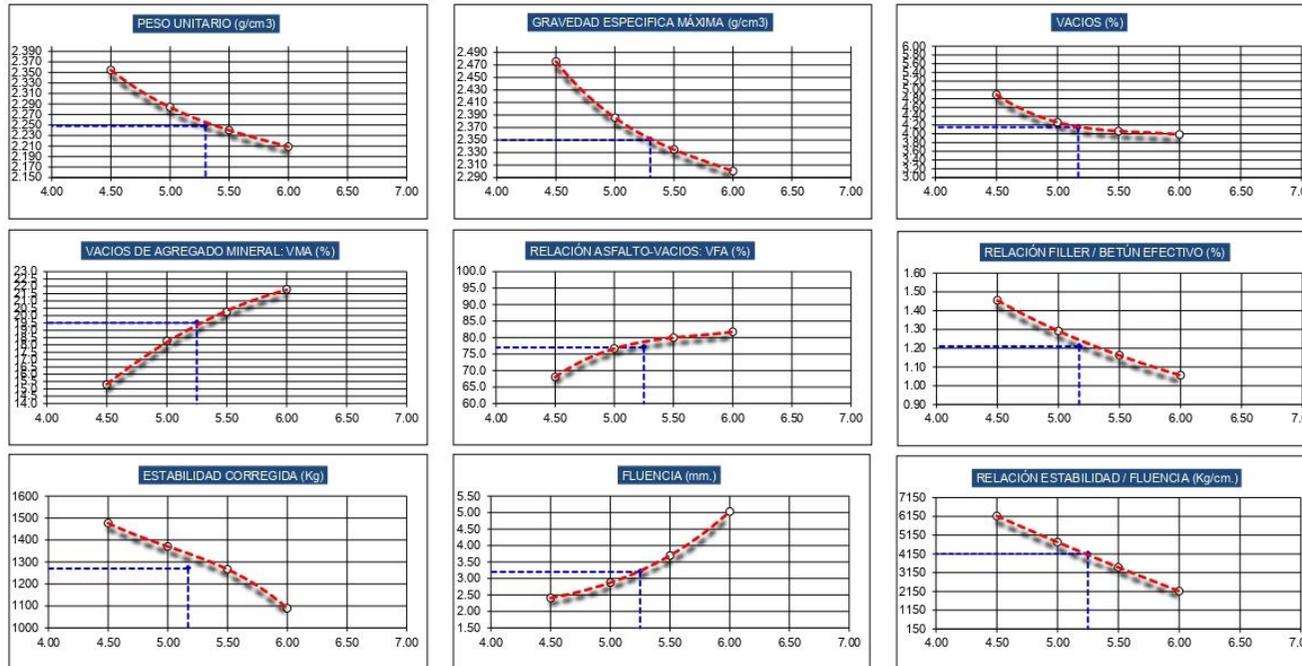
MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-3515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00		
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	48.88	48.88	48.88		
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.67	39.67	39.67		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.45	5.45	5.45		
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674		
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693	
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611		
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676	
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804	
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1212.5	1227.5	1227.0		
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1268.4	1292.5	1290.7		
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	740.2	757.1	756.2		
16	Volumen de la Probeta	c.c.	528.2	535.4	534.5		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.296	2.293	2.296	2.295	
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.370	2.370	2.370		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.450	2.450	2.450		
20	% de Vacios	%	3.16	3.28	3.16	3.20	3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654		
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729		
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	81.30	81.20	81.30		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	15.54	15.52	15.54		
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	18.70	18.80	18.70	18.7	Min. 14
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50		
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	83.09	82.54	83.10	82.9	
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.06	1.06	1.06	1.06	
31	Lectura de Carga	Kn	12.07	12.46	12.3		
32	Estabilidad Convertida	kg	1231	1271	1254		
33	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96		
34	Estabilidad Corregida	kg	1182	1220	1204	1201.8	Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	6.12	4.98	4.78		
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R					
37	Fluencia	mm.	5.12	4.98	4.78	5.0	2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2308	2449	2519	2425.3	

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + OP 30 % RAP + AR 5% - ASTM D3515-D4**



RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño N° 2)				
	-0.3%	OPTIMO % C.A.	+ 0.3%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO	35	35	35	35
CEMENTO ASFÁLTICO	5.01	5.21	5.41	(+/- 0.2%)
PESO UNITARIO		2.248		
VACIOS		4.2		3 - 5
V.M.A.		19.5		Min 14
VACIOS LLENOS CON C.A. V.F.A.		77.0		
FLUENCIA		3.20		2 - 4
ESTABILIDAD		1270		Min. 453
RELACIÓN ESTABILIDAD / FLUENCIA		3969		1,700 - 4,000
INDICE DE COMPACTIBILIDAD		5.62		Min. 5
ESTABILIDAD RETENIDA, 24 horas a 60°C		---		Min. 75
RESISTENCIA, TRACCIÓN INDIRECTA		---		Min. 80
Finos / Ligante		1.21		0.6 - 1.3

PARTICIPACIÓN DE AGREGADOS, FILLER Y CEMENTO ASFÁLTICO	
<b>DOSIFICACION</b>	
Grava triturada 1"	18.0 %
RAP triturada 3/4"	25.0 %
Arena Triturada 3/8"	55.1 %
FILLER - CAL	1.88 %
Agente Rejuvenecedor ITERLENE ACF	6.0 %
Cemento Asfáltico	5.21 %

OBSERVACIÓN:

---



---



---



---

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA10MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 30% + 5% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO	: LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	: MECANICO	T° MEZCLA	: 162
TIPO LIGANTE	: PEN 85/100	N° GOLPES / lado	: 35	T° COMPACTACION	: 152
TIPO DE AGREGADO	: TRITURADO	TIEMPO DE CURADO	: 60 min	T° CURADO	: NO
TIPO FILLER	: CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	: 4%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-515 D-4	100	90 - 100	56 - 80	36 - 65	23 - 49				5 - 19		2 - 8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.			
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	4.50	4.50	4.50					
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.66	49.66	49.66					
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	40.30	40.30	40.30					
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.54	5.54	5.54					
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018					
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674					
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693				
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611					
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676				
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.								
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1251.7	1251.8	1253.9					
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1244.7	1263.5	1263.8					
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	712.1	731.1	732.9					
16	Volumen de la Probeta	c.c.	532.6	532.4	530.9					
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.350	2.351	2.362	2.354				
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.476	2.476	2.476					
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.506	2.506	2.506					
20	% de Vacios	%	5.06	5.02	4.59	4.89	3 - 5			
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654					
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729					
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692					
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536					
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	84.56	84.60	84.98					
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	10.37	10.38	10.42					
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	15.44	15.40	15.02	15.3	Min. 13			
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	3.99	3.99	3.99					
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	67.19	67.39	69.41	68.0				
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.45	1.45	1.45	1.45				
31	Lectura de Carga KN	Kn	15.11	15.17	14.99					
32	Estabilidad Convertida	kg	1541	1547	1529					
33	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96					
34	Estabilidad Corregida	kg	1479	1485	1467	1477.2	Min. 815			
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	2.18	2.57	2.47					
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R								
37	Fluencia	mm.	2.18	2.57	2.47	2.4	2 - 4			
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	6785	5778	5941	6168.0				

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP. 259544



**"AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO"**

Código  
RAP-ARACMACPV-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO :	RAP-05-22/01
TESTISTA	YANCE PEREZ ESTEFANI YESSSENIA			REALIZADO :	C.C.C
DISEÑO	DISEÑO RAP 30% + 5% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE :	J.V.C
PROCEDENCIA	CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA :	2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T* MEZCLA	162
TIPO LIGANTE :	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T* COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T* CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	4%		

MATERIAL	% Mezcla		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER <Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-5315 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-5315 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

	N	1	2	3	Prom.	ESPE.			
1	Numero de Probeta								
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00				
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.40	49.40	49.40				
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	40.09	40.09	40.09				
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.51	5.51	5.51				
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018				
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674				
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693			
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611				
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676			
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804			
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.							
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1262.3	1209.8	1227.9				
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1259.3	1228.5	1254.9				
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	705.4	699.0	718.2				
16	Volumen de la Probeta	c.c.	553.9	529.5	536.7				
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.279	2.285	2.288	2.284			
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.386	2.386	2.386				
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.487	2.487	2.487				
20	% de Vacios	%	4.47	4.22	4.10	4.26	3 - 5		
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654				
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729				
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692				
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536				
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	81.57	81.78	81.89				
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	13.96	13.99	14.01				
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	18.43	18.22	18.11	18.3	Min. 13		
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.49	4.49	4.49				
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	75.74	76.81	77.38	76.6			
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.29	1.29	1.29	1.29			
31	Lectura de Carga	Kn	14.74	14.25	14.55				
32	Estabilidad Convertida	kg	1503	1453	1484				
33	Factor de Estabilidad		0.89	0.96	0.93				
34	Estabilidad Corregida	kg	1338	1395	1380	1370.8	Min. 815		
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	2.85	2.79	2.98				
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R							
37	Fluencia	mm.	2.85	2.79	2.98	2.9	2 - 4		
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	4694	5000	4630	4774.6			

**GMC S.A.C.**  
Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP 258544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y  
SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO  
VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA0MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESTISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 30% + 5% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE:	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	4%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°100	N°200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < N° 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-3515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50		
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.14	49.14	49.14		
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.88	39.88	39.88		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.48	5.48	5.48		
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674		
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693	
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611		
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676	
11	Peso Especifico Aparente del Filler < N°200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804	
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1202.9	1222.6	1221.8		
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1284.5	1285.6	1286.9		
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	748.6	739.1	741.0		
16	Volumen de la Probeta	c.c.	535.9	546.5	545.9		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.245	2.237	2.238	2.240	
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.335	2.335	2.335		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.469	2.469	2.469		
20	% de Vacios	%	3.86	4.18	4.14	4.06	3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654		
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729		
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	79.92	79.65	79.69		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	16.22	16.17	16.17		
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	20.08	20.35	20.31	20.2	Min. 13
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.99	4.99	4.99		
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	80.77	79.45	79.62	79.9	
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.16	1.16	1.16	1.16	
31	Lectura de Carga	Kn	13.1	12.98	13.56		
32	Estabilidad Convertida	kg	1336	1324	1383		
33	Factor de Estabilidad		0.96	0.93	0.93		
34	Estabilidad Corregida	kg	1282	1231	1286	1266.4	Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	3.79	3.85	3.45		
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R					
37	Fluencia	mm.	3.79	3.85	3.45	3.7	2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3384	3197	3727	3436.0	

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP. 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y  
SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO  
VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA0MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESTISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 30% + 5% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	Tº MEZCLA	162
TIPO LIGANTE:	PEN 85/100	Nº GOLPES / lado	35	Tº COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	Tº CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	4%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-3515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00		
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	48.88	48.88	48.88		
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.67	39.67	39.67		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.45	5.45	5.45		
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674		
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693	
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611		
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676	
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804	
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1215.0	1213.0	1217.0		
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1278.4	1294.5	1290.7		
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	728.2	744.9	740.2		
16	Volumen de la Probeta	c.c.	550.2	549.6	550.5		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.208	2.207	2.211	2.209	
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.300	2.300	2.300		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.450	2.450	2.450		
20	% de Vacios	%	4.00	4.05	3.89	3.98	3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654		
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729		
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	78.21	78.17	78.30		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	17.79	17.78	17.81		
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	21.79	21.83	21.70	21.8	Min. 13
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50		
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	81.64	81.43	82.06	81.7	
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.06	1.06	1.06	1.06	
31	Lectura de Carga	Kn	12.11	11.89	12		
32	Estabilidad Convertida	kg	1235	1212	1224		
33	Factor de Estabilidad		0.89	0.89	0.89		
34	Estabilidad Corregida	kg	1099	1079	1089	1089.0	Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	5.00	4.99	5.10		
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R					
37	Fluencia	mm.	5.00	4.99	5.10	5.0	2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2198	2162	2135	2165.3	

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y  
SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA  
BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código:  
RAP-ARAICMACPVT-22-004

**GRAVEDAD ESPECIFICA MÁXIMA TEÓRICA DE MEZCLAS DE PAVIMENTOS BITUMINOSOS  
(ASTM D-2041/D-2041M-11)**

<b>OBRA</b>	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO	<b>CERTIFICADO</b>	RAP-05-22/05
<b>TESISTA</b>	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA	<b>REALIZADO</b>	C.C.C
<b>DISEÑO</b>	: DISEÑO RAP 30% + 5% AR - ASTM D 3515 D-4	<b>ING. RESPONSABLE</b>	J.V.C
<b>PROCEDENCIA</b>	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100	<b>FECHA</b>	2/04/2022

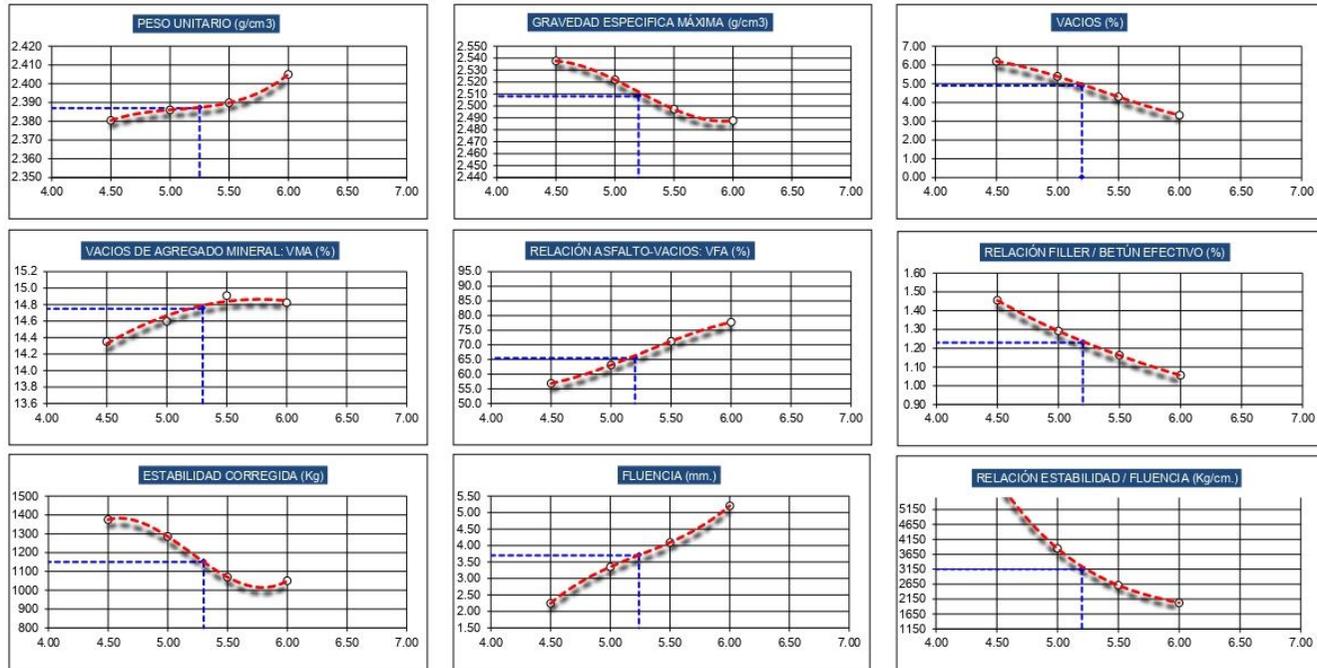
ENSAYO	Nº	1	2	3	4		
CEMENTO ASFALTICO	%	4.50	5.00	5.50	6.00		
PESO DEL MATERIAL	Gr.	1513.3	1537.5	1521.8	1509.0		
PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	Gr.	11749.0	11749.0	11749.0	11749.0		
PESO DEL MATERIAL+FRASCO+AGUA (en aire)	Gr.	13262.3	13286.5	13270.8	13258.0		
PESO DEL MATERIAL +FRASCO+AGUA (en agua)	Gr.	12651.0	12642.0	12619.0	12602.0		
VOLUMEN DEL MATERIAL	c.c.	611.3	644.5	651.8	656.0		
PESO ESPECIFICO MAXIMO	Gr/c.c.	2.476	2.386	2.335	2.300		
PESO ESPECIFICO MAXIMO corregido por temperatura	Gr/c.c.	2.476	2.386	2.335	2.300		
CORRECCION POR TEMPERATURA		1.000	1.000	1.000	1.000		
TIEMPO DE ENSAYO	Min.	30'	30'	30'	30'		
PRESIÓN DE SUCCION ó VACIO	In Hg.	28.5	28.5	28.5	28.5		
TEMPERATURA DE ENSAYO	°C	25°C	25°C	25°C	25°C		
GRAVA TRITURADA 1"	%	18.0	18.0	18.0	18.0		
GRAVA TRITURADA 3/4"	%	23.0	23.0	23.0	23.0		
ARENA TRITURADA 3/8"	%	57.1	57.1	57.1	57.1		
FILLER (CAL)	%	1.88	1.88	1.88	1.88		
ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA	%	SI	SI	SI	SI		

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + OP 20 % RAP + AR 6% - ASTM D3515-D4**



RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño N° 3)				
	-0.3%	OPTIMO % C.A.	+ 0.3%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO	35	35	35	35
CEMENTO ASFÁLTICO	5.05	5.25	5.45	(+/- 0.2%)
PESO UNITARIO		2.387		
VACIOS		4.9		3 - 5
V.M.A.		14.8		Min 14
VACIOS LLENOS CON C.A. V.F.A.		65.5		
FLUENCIA		3.70		2 - 4
ESTABILIDAD		1150		Min. 453
RELACIÓN ESTABILIDAD / FLUENCIA		3108		1.700 - 4.000
ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD		5.65		Min. 5
ESTABILIDAD RETENIDA, 24 horas a 60°C		---		Min. 75
RESISTENCIA, TRACCIÓN INDIRECTA		---		Min. 80
Finos / Ligante		1.23		0.6 - 1.3

PARTICIPACIÓN DE AGREGADOS, FILLER Y CEMENTO ASFÁLTICO	
DOSIFICACION	
Grava triturada 1"	32.0 %
RAP triturada 3/4"	20.0 %
Arena Triturada 3/8"	46.8 %
FILLER - CAL	1.16 %
Agente Rejuvenecedor ITERLENE ACF	2.0 %
Cemento Asfáltico	5.25 %

OBSERVACIÓN: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

  
**Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo**  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código:  
RAP-ARAICMACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 20% + 6% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 20/4/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE :	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	5%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA		100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

N	1	2	3	Prom.	ESPE.				
1	Numero de Probeta								
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	4.50	4.50	4.50				
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.66	49.66	49.66				
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	40.30	40.30	40.30				
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.54	5.54	5.54				
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018				
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674				
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693			
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611				
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676			
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804			
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.							
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1291.5	1294.8	1293.5				
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1296.7	1293.5	1295.8				
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	752.1	751.8	752.2				
16	Volumen de la Probeta	c.c.	544.6	541.7	543.6				
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.371	2.390	2.380	2.380			
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.538	2.538	2.538				
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.506	2.506	2.506				
20	% de Vacios	%	6.55	5.81	6.23	6.19	'3 - 5		
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654				
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729				
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692				
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536				
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.33	86.01	85.62				
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	8.12	8.19	8.15				
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	14.67	13.99	14.38	14.3	Min. 14		
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	3.99	3.99	3.99				
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	55.38	58.52	56.69	56.9			
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.45	1.45	1.45	1.45			
31	Lectura de Carga KN	Kn	14.58	14.21	14.7				
32	Estabilidad Convertida	kg	1487	1449	1499				
33	Factor de Estabilidad		0.93	0.93	0.93				
34	Estabilidad Corregida	kg	1383	1348	1394	1374.7	Min. 453		
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	2.21	2.50	2.02				
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R							
37	Fluencia	mm.	2.21	2.50	2.02	2.2	'2 - 4		
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	6256	5390	6901	6182.6			

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544

	<b>“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”</b>	<b>Código:</b> <b>RAP-ARAICMACPVT-22-001</b>
---	---	---

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

<b>ENSAYOS</b> : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO	<b>REGISTRO</b> : RAP-05-22/01	
<b>TESISTA</b> : YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA	<b>REALIZADO</b> : C.C.C	
<b>DISEÑO</b> : DISEÑO RAP 20% + 6% AR - ASTM D 3515 D-4	<b>ING. RESPONSABLE</b> : J.V.C	
<b>PROCEDENCIA</b> : CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100	<b>FECHA</b> : 20/4/2022	
<b>LUGAR DE MOLDEO</b> : LABORATORIO GMC	<b>TIPO DE MARTILLO</b> : MECANICO	<b>T° MEZCLA</b> : 162
<b>TIPO LIGANTE</b> : PEN 85/100	<b>N° GOLPES /lado</b> : 35	<b>T° COMPACTACION</b> : 152
<b>TIPO DE AGREGADO</b> : TRITURADO	<b>TIEMPO DE CURADO</b> : 60 min	<b>T° CURADO</b> : NO
<b>TIPO FILLER</b> : CAL	<b>% AGENTE REJUVENECEDOR</b> : 5%	

MATERIAL	% Mezcla	% Diseño	PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ														
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200				
B AGREGADO FINO	42.20	42.20															
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80															

<b>MEZCLA ARIDOS FISICA</b>			<b>100.0</b>	<b>98.2</b>	<b>87.1</b>	<b>75.6</b>	<b>48.0</b>	<b>36.3</b>	---	---	<b>12.2</b>	---	<b>5.8</b>				
<b>ESPECIFICACION</b>	ASTM D-3515 D-4	<b>100</b>	<b>90 - 100</b>		<b>56 - 80</b>	<b>36 - 65</b>	<b>23 - 49</b>				<b>5 - 19</b>		<b>2 - 8</b>				

N	1	2	3	Prom.	ESPE.				
1	Numero de Probeta	N							
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00				
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.40	49.40	49.40				
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	40.09	40.09	40.09				
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.51	5.51	5.51				
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018				
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674				
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	<b>2.693</b>			
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611				
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	<b>2.676</b>			
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	<b>2.804</b>			
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.							
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	<b>1284.0</b>	<b>1297.2</b>	<b>1291.6</b>				
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	<b>1298.3</b>	<b>1294.2</b>	<b>1294.9</b>				
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	<b>758.8</b>	<b>751.3</b>	<b>754.2</b>				
16	Volumen de la Probeta	c.c.	539.5	542.9	540.7				
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	<b>2.380</b>	<b>2.389</b>	<b>2.389</b>	<b>2.386</b>			
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.522	2.522	2.522				
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.487	2.487	2.487				
20	% de Vacios	%	5.63	5.25	5.28	5.39	'3 - 5		
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654				
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729				
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692				
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536				
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.19	85.52	85.50				
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	9.19	9.22	9.22				
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	14.81	14.48	14.50	<b>14.6</b>	Min. 14		
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.49	4.49	4.49				
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	62.02	63.72	63.60	<b>63.1</b>			
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.29	1.29	1.29	<b>1.29</b>			
31	Lectura de Carga	Kn	<b>13.84</b>	<b>13.32</b>	<b>13.49</b>				
32	Estabilidad Convertida	kg	1411	1358	1376				
33	Factor de Estabilidad		0.93	0.93	0.93				
34	Estabilidad Corregida	kg	1312	1263	1279	<b>1285.0</b>	Min. 453		
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	<b>3.45</b>	<b>3.45</b>	<b>3.15</b>				
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R							
37	Fluencia	mm.	3.45	3.45	3.15	3.4	'2 - 4		
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3804	3661	4061	<b>3842.3</b>			

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP: 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código:  
RAP-ARAICMACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	RAP-05-22/01
TESISTA	YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	C.C.C
DISEÑO	DISEÑO RAP 20% + 6% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	J.V.C
PROCEDENCIA	CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE :	PEN 85/100	N° GOLPES /lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	5%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ												
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200		
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00													
B AGREGADO FINO	42.20	42.20													
C FILLER < N° 200	5.80	5.80													

MEZCLA ARIDOS FISICA		100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8		
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8		

	N	1	2	3	Prom.	ESPE.			
1 Numero de Probeta									
2 C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50					
3 % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.14	49.14	49.14					
4 % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.88	39.88	39.88					
5 % de Filler en Peso de Mezcla	%	5.48	5.48	5.48					
6 Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018					
7 Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674					
8 Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693				
9 Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611					
10 Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676				
11 Peso Especifico Aparente del Filler < N°200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804				
12 Altura Promedio de la Probeta	cm.								
13 Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1289.6	1285.7	1292.1					
14 Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1293.5	1287.6	1295.9					
15 Peso de la Probeta en el Agua	gr.	754.6	752.1	752.0					
16 Volumen de la Probeta	c.c.	538.9	535.5	543.9					
17 Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.393	2.401	2.376	2.390				
18 Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.497	2.497	2.497					
19 Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.469	2.469	2.469					
20 % de Vacios	%	4.17	3.86	4.87	4.30	'3 - 5			
21 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654					
22 Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729					
23 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692					
24 C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536					
25 % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.20	85.49	84.58					
26 % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	10.62	10.66	10.55					
27 % Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	14.80	14.51	15.42	14.9	Min. 14			
28 C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.99	4.99	4.99					
29 Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	71.80	73.43	68.41	71.2				
30 Relacion Filler / Betun Efectivo		1.16	1.16	1.16	1.16				
31 Lectura de Carga	Kn	11.75	10.54	11.22					
32 Estabilidad Convertida	kg	1198	1075	1144					
33 Factor de Estabilidad		0.93	0.96	0.93					
34 Estabilidad Corregida	kg	1114	1032	1064	1070.0	Min. 453			
35 Lectura del Fleximetro mm	mm.	4.15	3.99	4.14					
36 Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R								
37 Fluencia	mm.	4.15	3.99	4.14	4.1	'2 - 4			
38 Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2685	2586	2570	2613.7				

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código:  
RAP-ARAICMACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	RAP-05-22/01
TESISTA	YANCE PEREZ ESTEFANI YESSSENIA			REALIZADO	C.C.C
DISEÑO	DISEÑO RAP 20% + 6% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	J.V.C
PROCEDECENCIA	CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE :	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	5%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-3515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.
2 C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00		
3 % de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	48.88	48.88	48.88		
4 % de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.67	39.67	39.67		
5 % de Filler en Peso de Mezcla	%	5.45	5.45	5.45		
6 Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
7 Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674		
8 Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693	
9 Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611		
10 Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676	
11 Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804	
12 Altura Promedio de la Probeta	cm.					
13 Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1257.5	1281.5	1280.0		
14 Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1258.4	1282.5	1280.7		
15 Peso de la Probeta en el Agua	gr.	740.2	747.1	746.2		
16 Volumen de la Probeta	c.c.	518.2	535.4	534.5		
17 Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.427	2.394	2.395	2.405	
18 Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.488	2.488	2.488		
19 Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.450	2.450	2.450		
20 % de Vacios	%	2.45	3.78	3.73	3.32	'3 - 5
21 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654		
22 Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729		
23 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692		
24 C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536		
25 % del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	85.94	84.77	84.81		
26 % del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	11.60	11.45	11.45		
27 % Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	14.06	15.23	15.19	14.8	Min. 14
28 C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50		
29 Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	82.56	75.16	75.41	77.7	
30 Relacion Filler / Betun Efectivo		1.06	1.06	1.06	1.06	
31 Lectura de Carga	Kn	10.24	10.11	11.42		
32 Estabilidad Convertida	kg	1044	1031	1164		
33 Factor de Estabilidad		1.00	0.96	0.96		
34 Estabilidad Corregida	kg	1044	990	1118	1050.6	Min. 453
35 Lectura del Fleximetro mm	mm.	5.15	5.45	5.01		
36 Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R					
37 Fluencia	mm.	5.15	5.45	5.01	5.2	'2 - 4
38 Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2028	1816	2231	2024.9	

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP. 259544

	<b>"AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO"</b>	Código: RAP-ARAICMACPVT-22-004
		<b>GRAVEDAD ESPECIFICA MÁXIMA TEÓRICA DE MEZCLAS DE PAVIMENTOS BITUMINOSOS (ASTM D-2041/D-2041M-11)</b>

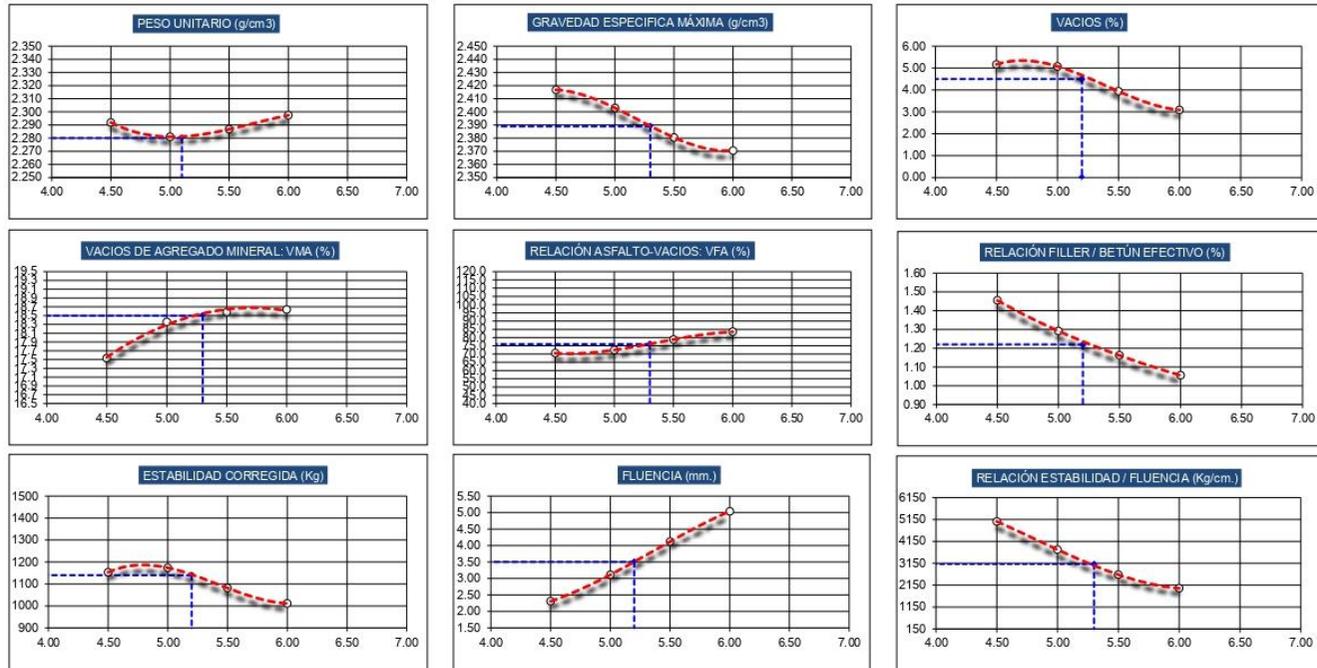
<b>OBRA</b> : DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO <b>TESISTA</b> : YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA <b>DISEÑO</b> : DISEÑO RAP 20% + 6% AR - ASTM D 3515 D-4 <b>PROCEDENCIA</b> : CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100	<b>CERTIFICADO</b> RAP-05-22/05 <b>REALIZADO</b> C.C.C <b>ING. RESPONSABLE</b> J.V.C <b>FECHA</b> 2/04/2022
---	--

ENSAYO	Nº	1	2	3	4		
CEMENTO ASFALTICO	%	4.50	5.00	5.50	6.00		
PESO DEL MATERIAL	Gr.	1523.3	1529.5	1527.8	1510.0		
PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	Gr.	11739.0	11739.0	11739.0	11739.0		
PESO DEL MATERIAL+FRASCO+AGUA (en aire)	Gr.	13262.3	13268.5	13266.8	13249.0		
PESO DEL MATERIAL +FRASCO+AGUA (en agua)	Gr.	12662.0	12662.0	12655.0	12642.0		
VOLUMEN DEL MATERIAL	c.c.	600.3	606.5	611.8	607.0		
PESO ESPECIFICO MAXIMO	Gr/c.c.	2.538	2.522	2.497	2.488		
PESO ESPECIFICO MAXIMO corregido por temperatura	Gr/c.c.	2.538	2.522	2.497	2.488		
CORRRECCION POR TEMPERATURA		1.000	1.000	1.000	1.000		
TIEMPO DE ENSAYO	Min.	30'	30'	30'	30'		
PRESIÓN DE SUCCION ó VACIO	In Hg.	28.5	28.5	28.5	28.5		
TEMPERATURA DE ENSAYO	°C	25°C	25°C	25°C	25°C		
GRAVA TRITURADA 1"	%	18.0	18.0	18.0	18.0		
GRAVA TRITURADA 3/4"	%	23.0	23.0	23.0	23.0		
ARENA TRITURADA 3/8"	%	57.1	57.1	57.1	57.1		
FILLER (CAL)	%	1.88	1.88	1.88	1.88		
ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA	%	SI	SI	SI	SI		

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + OP 25 % RAP + AR 6% - ASTM D3515-D4**



RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño N° 3)				
	-0.3%	OPTIMO % C.A.	+ 0.3%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO	35	35	35	35
CEMENTO ASFÁLTICO	4.97	5.17	5.37	(+/- 0.2%)
PESO UNITARIO		2.280		
VACIOS		4.5		3 - 5
V.M.A.		18.5		Min 14
VACIOS LLENOS CON C.A. V.F.A.		76.0		
FLUENCIA		3.50		2 - 4
ESTABILIDAD		1140		Min. 453
RELACIÓN ESTABILIDAD / FLUENCIA		3257		1,700 - 4,000
ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD		5.62		Min. 5
ESTABILIDAD RETENIDA, 24 horas a 60°C		--		Min. 75
RESISTENCIA, TRACCIÓN INDIRECTA		--		Min. 80
Finos / Ligante		1.22		0.6 - 1.3

PARTICIPACIÓN DE AGREGADOS, FILLER Y CEMENTO ASFÁLTICO	
DOSIFICACION	
Grava triturada 1"	18.0 %
RAP triturada 3/4"	25.0 %
Arena Triturada 3/8"	55.1 %
FILLER - CAL	1.88 %
Agente Rejuvenecedor ITERLENE ACF	2.0 %
Cemento Asfáltico	5.17 %

OBSERVACIÓN: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_





**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA10MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO		REGISTRO	: RAP-05-22/01	
TESISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSSENIA		REALIZADO	: C.C.C	
DISEÑO	: DISEÑO RAP 25% + 6% AR - ASTM D 3515 D-4		ING. RESPONSABLE	: J.V.C	
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100		FECHA	: 2/04/2022	
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE :	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	6%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-515 D-4	100	90 - 100	56 - 80	36 - 65	23 - 49				5 - 19		2 - 8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.			
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	4.50	4.50	4.50					
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.66	49.66	49.66					
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	40.30	40.30	40.30					
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.54	5.54	5.54					
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018					
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674					
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693				
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611					
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676				
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.								
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1259.7	1245.8	1243.9					
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1298.7	1297.5	1296.8					
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	749.1	754.1	753.9					
16	Volumen de la Probeta	c.c.	549.6	543.4	542.9					
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.292	2.293	2.291	2.292				
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.417	2.417	2.417					
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.506	2.506	2.506					
20	% de Vacios	%	5.16	5.14	5.20	5.17	3 - 5			
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654					
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729					
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692					
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536					
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	82.47	82.49	82.44					
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	12.37	12.37	12.36					
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	17.53	17.51	17.56	17.5	Min. 13			
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	3.99	3.99	3.99					
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	70.55	70.65	70.41	70.5				
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.45	1.45	1.45	1.45				
31	Lectura de Carga KN	Kn	13.65	14.25	13.98					
32	Estabilidad Convertida	kg	1392	1453	1426					
33	Factor de Estabilidad		0.81	0.81	0.81					
34	Estabilidad Corregida	kg	1127	1177	1155	1153.0	Min. 815			
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	2.54	2.41	1.97					
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R								
37	Fluencia	mm.	2.54	2.41	1.97	2.3	2 - 4			
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	4439	4884	5861	5061.3				

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544



**"AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO"**

Código  
RAP-ARACMACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 25% + 6% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	Tº MEZCLA	162
TIPO LIGANTE:	PEN 85/100	Nº GOLPES / lado	35	Tº COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	Tº CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	6%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < N° 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-5515 D-4	100	90 - 100	56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

N	1	2	3	Prom.	ESPE.
1	Numero de Probeta				
2	C.A. en Peso de la Mezcla	5.00	5.00	5.00	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	49.40	49.40	49.40	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	40.09	40.09	40.09	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	5.51	5.51	5.51	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc. 1.018	1.018	1.018	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc. 2.674	2.674	2.674	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc. 2.712	2.712	2.712	2.693
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc. 2.611	2.611	2.611	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc. 2.740	2.740	2.740	2.676
11	Peso Especifico Aparente del Filler < N°200	gr/cc. 2.804	2.804	2.804	2.804
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.			
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr. 1214.0	1235.2	1219.6	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr. 1279.3	1288.5	1275.9	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr. 751.5	747.5	736.2	
16	Volumen de la Probeta	c.c. 527.8	541.0	539.7	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc. 2.300	2.283	2.260	2.281
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc. 2.403	2.403	2.403	
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc. 2.487	2.487	2.487	
20	% de Vacios	% 4.28	4.99	5.96	5.08 '3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc. 2.654	2.654	2.654	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc. 2.729	2.729	2.729	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc. 2.692	2.692	2.692	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	% 0.536	0.536	0.536	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	% 82.33	81.72	80.89	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	% 13.39	13.29	13.16	
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	% 17.67	18.28	19.11	18.4 Min. 13
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	% 4.49	4.49	4.49	
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	% 75.77	72.72	68.82	72.4
30	Relacion Filler / Betun Efectivo	1.29	1.29	1.29	1.29
31	Lectura de Carga	Kn 14.21	13.87	14.55	
32	Estabilidad Convertida	kg 1449	1414	1484	
33	Factor de Estabilidad	0.81	0.81	0.81	
34	Estabilidad Corregida	kg 1174	1146	1202	1173.7 Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	mm. 3.21	3.02	3.11	
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R			
37	Fluencia	mm. 3.21	3.02	3.11	3.1 '2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm. 3656	3793	3864	3771.3

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y  
SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO  
VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA0MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESTISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 25% + 6% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE:	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	6%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N°4	N°8	N°16	N°30	N°50	N°100	N°200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < N° 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA		100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8	
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8	

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.			
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50					
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.14	49.14	49.14					
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.88	39.88	39.88					
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.48	5.48	5.48					
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018					
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674					
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693				
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611					
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676				
11	Peso Especifico Aparente del Filler < N°200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804				
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.								
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1229.6	1214.7	1222.1					
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1295.5	1296.6	1297.9					
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	758.6	763.1	765.0					
16	Volumen de la Probeta	c.c.	536.9	533.5	532.9					
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.290	2.277	2.293	2.287				
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.380	2.380	2.380					
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.469	2.469	2.469					
20	% de Vacios	%	3.79	4.35	3.66	3.94	3 - 5			
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654					
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729					
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692					
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536					
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	81.54	81.07	81.65					
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	14.66	14.58	14.68					
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	18.46	18.93	18.35	18.6	Min. 13			
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.99	4.99	4.99					
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	79.45	77.00	80.04	78.8				
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.16	1.16	1.16	1.16				
31	Lectura de Carga	Kn	12.99	13.21	13.08					
32	Estabilidad Convertida	kg	1325	1347	1334					
33	Factor de Estabilidad		0.81	0.81	0.81					
34	Estabilidad Corregida	kg	1073	1091	1080	1081.5	Min. 815			
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	4.15	3.99	4.21					
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R								
37	Fluencia	mm.	4.15	3.99	4.21	4.1	2 - 4			
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2585	2735	2566	2628.7				

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y  
SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO  
VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA0MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESTISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 25% + 6% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE:	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	6%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA		100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8	
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8	

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.		
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00				
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	48.88	48.88	48.88				
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.67	39.67	39.67				
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.45	5.45	5.45				
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018				
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674				
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693			
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611				
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676			
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804			
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.							
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1210.5	1225.5	1217.0				
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1266.4	1290.5	1280.7				
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	738.2	755.1	754.2				
16	Volumen de la Probeta	c.c.	528.2	535.4	526.5				
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.292	2.289	2.311	2.297			
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.370	2.370	2.370				
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.450	2.450	2.450				
20	% de Vacios	%	3.32	3.44	2.49	3.08	3 - 5		
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654				
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729				
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692				
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536				
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	81.17	81.07	81.87				
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	15.51	15.49	15.65				
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	18.83	18.93	18.13	18.6	Min. 13		
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50				
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	82.36	81.83	86.28	83.5			
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.06	1.06	1.06	1.06			
31	Lectura de Carga	Kn	11.97	12.54	12.22				
32	Estabilidad Convertida	kg	1221	1279	1246				
33	Factor de Estabilidad		0.81	0.81	0.81				
34	Estabilidad Corregida	kg	989	1036	1009	1011.2	Min. 815		
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	5.15	5.00	4.97				
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R							
37	Fluencia	mm.	5.15	5.00	4.97	5.0	2 - 4		
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	1920	2072	2031	2007.4			

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y  
SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA  
BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código:  
RAP-ARAICMACPVT-22-004

**GRAVEDAD ESPECIFICA MÁXIMA TEÓRICA DE MEZCLAS DE PAVIMENTOS BITUMINOSOS  
(ASTM D-2041/D-2041M-11)**

<b>OBRA</b>	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO	<b>CERTIFICADO</b>	RAP-05-22/05
<b>TESISTA</b>	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA	<b>REALIZADO</b>	C.C.C
<b>DISEÑO</b>	: DISEÑO RAP 25% + 6% AR - ASTM D 3515 D-4	<b>ING. RESPONSABLE</b>	J.V.C
<b>PROCEDENCIA</b>	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100	<b>FECHA</b>	2/04/2022

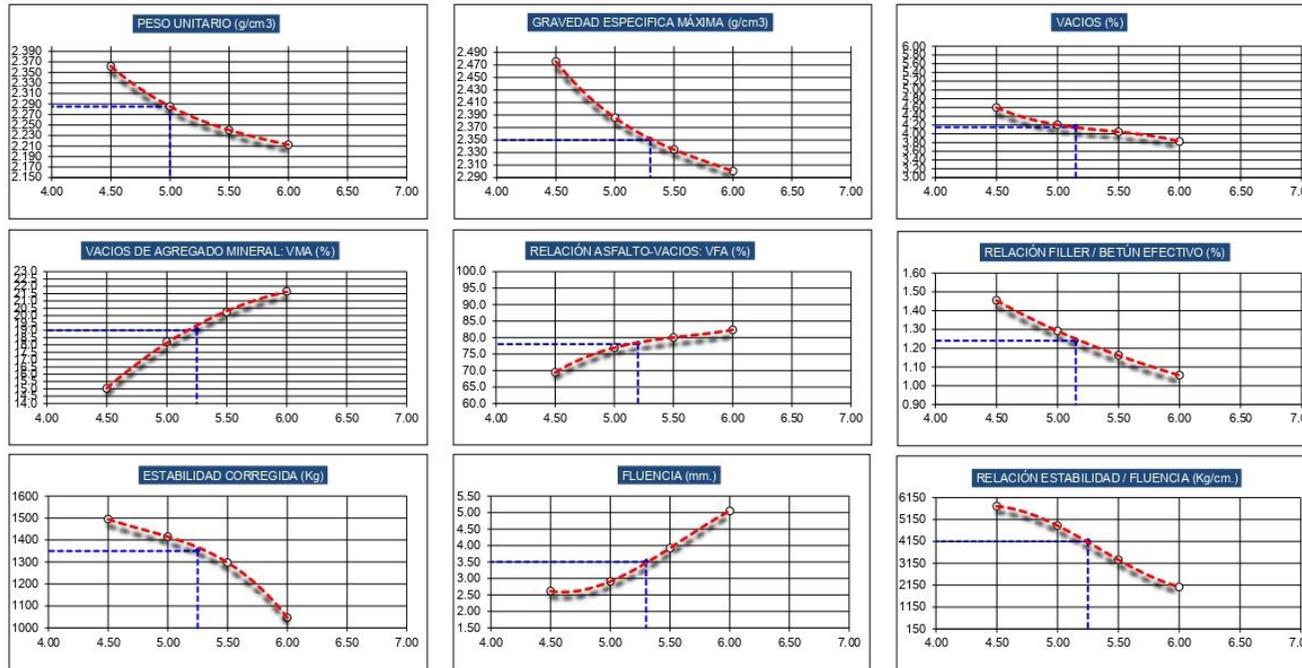
ENSAYO	Nº	1	2	3	4		
CEMENTO ASFALTICO	%	4.50	5.00	5.50	6.00		
PESO DEL MATERIAL	Gr.	1523.3	1529.5	1527.8	1510.0		
PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	Gr.	11749.0	11749.0	11749.0	11749.0		
PESO DEL MATERIAL+FRASCO+AGUA (en aire)	Gr.	13272.3	13278.5	13276.8	13259.0		
PESO DEL MATERIAL +FRASCO+AGUA (en agua)	Gr.	12642.0	12642.0	12635.0	12622.0		
VOLUMEN DEL MATERIAL	c.c.	630.3	636.5	641.8	637.0		
PESO ESPECIFICO MAXIMO	Gr/c.c.	2.417	2.403	2.380	2.370		
PESO ESPECIFICO MAXIMO corregido por temperatura	Gr/c.c.	2.417	2.403	2.380	2.370		
CORRECCION POR TEMPERATURA		1.000	1.000	1.000	1.000		
TIEMPO DE ENSAYO	Min.	30'	30'	30'	30'		
PRESIÓN DE SUCCION ó VACIO	In Hg.	28.5	28.5	28.5	28.5		
TEMPERATURA DE ENSAYO	°C	25°C	25°C	25°C	25°C		
GRAVA TRITURADA 1"	%	18.0	18.0	18.0	18.0		
GRAVA TRITURADA 3/4"	%	23.0	23.0	23.0	23.0		
ARENA TRITURADA 3/8"	%	57.1	57.1	57.1	57.1		
FILLER (CAL)	%	1.88	1.88	1.88	1.88		
ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA	%	SI	SI	SI	SI		

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON PEN 85/100 + OP 30 % RAP + AR 6% - ASTM D3515-D4**



RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño N° 3)				
	-0.3%	OPTIMO % C.A.	+ 0.3%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO	35	35	35	35
CEMENTO ASFÁLTICO	4.93	5.13	5.33	(+/- 0.2%)
PESO UNITARIO		2.285		
VACIOS		4.2		3 - 5
V.M.A.		19.0		Min 14
VACIOS LLENOS CON C.A. V.F.A.		78.0		
FLUENCIA		3.50		2 - 4
ESTABILIDAD		1350		Min. 453
RELACIÓN ESTABILIDAD / FLUENCIA		3857		1,700 - 4,000
INDICE DE COMPACTIBILIDAD		5.62		Min. 5
ESTABILIDAD RETENIDA, 24 horas a 60°C		--		Min. 75
RESISTENCIA, TRACCIÓN INDIRECTA		--		Min. 80
Finos / Ligante		1.24		0.6 - 1.3

PARTICIPACIÓN DE AGREGADOS, FILLER Y CEMENTO ASFÁLTICO	
<b>DOSIFICACION</b>	
Grava triturada 1"	18.0 %
RAP triturada 3/4"	25.0 %
Arena Triturada 3/8"	55.1 %
FILLER - CAL	1.88 %
Agente Rejuvenecedor ITERLENE ACF	6.0 %
Cemento Asfáltico	5.13 %

**OBSERVACIÓN:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_





**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA0MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 30% + 6% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE :	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	4%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	4.50	4.50	4.50		
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.66	49.66	49.66		
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	40.30	40.30	40.30		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.54	5.54	5.54		
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674		
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693	
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611		
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676	
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804	
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1253.7	1254.8	1255.9		
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1246.7	1265.5	1265.8		
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	714.1	735.1	734.9		
16	Volumen de la Probeta	c.c.	532.6	530.4	530.9		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.354	2.366	2.366	2.362	
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.476	2.476	2.476		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.506	2.506	2.506		
20	% de Vacios	%	4.91	4.43	4.44	4.60	'3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654		
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729		
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692		
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	84.70	85.12	85.12		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	10.39	10.44	10.44		
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	15.30	14.88	14.88	15.0	Min. 13
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	3.99	3.99	3.99		
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	67.89	70.19	70.16	69.4	
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.45	1.45	1.45	1.45	
31	Lectura de Carga KN	Kn	15.45	15.38	14.98		
32	Estabilidad Convertida	kg	1575	1568	1528		
33	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96		
34	Estabilidad Corregida	kg	1512	1506	1466	1494.8	Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	2.35	2.85	2.65		
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R					
37	Fluencia	mm.	2.35	2.85	2.65	2.6	'2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	6436	5283	5534	5750.7	

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544



**"AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO"**

Código  
RAP-ARACMACPV-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO :	RAP-05-22/01
TESTISTA	YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO :	C.C.C
DISEÑO	DISEÑO RAP 30% + 6% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE :	J.V.C
PROCEDENCIA	CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA :	2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T* MEZCLA	162
TIPO LIGANTE :	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T* COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T* CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	4%		

MATERIAL	% Mezcla		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER <Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

N	1	2	3	Prom.	ESPE.
1	Numero de Probeta				
2	C.A. en Peso de la Mezcla	5.00	5.00	5.00	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	49.40	49.40	49.40	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	40.09	40.09	40.09	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	5.51	5.51	5.51	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	1.018	1.018	1.018	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	2.674	2.674	2.674	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	2.712	2.712	2.712	2.693
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	2.611	2.611	2.611	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	2.740	2.740	2.740	2.676
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	2.804	2.804	2.804	2.804
12	Altura Promedio de la Probeta				
13	Peso de la Probeta en el Aire	1264.3	1211.8	1229.9	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	1258.3	1227.5	1253.9	
15	Peso de la Probeta en el Agua	704.7	697.1	716.2	
16	Volumen de la Probeta	553.6	530.4	537.7	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	2.284	2.285	2.287	2.285
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	2.386	2.386	2.386	
19	Maxima Densidad Teorica	2.487	2.487	2.487	
20	% de Vacios	4.27	4.23	4.12	4.20 '3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	2.654	2.654	2.654	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	2.729	2.729	2.729	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	2.692	2.692	2.692	
24	C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Seco	0.536	0.536	0.536	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	81.74	81.78	81.87	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	13.99	13.99	14.01	
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	18.26	18.22	18.13	18.2 Min. 13
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	4.49	4.49	4.49	
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	76.63	76.79	77.28	76.9
30	Relacion Filler / Betun Efectivo	1.29	1.29	1.29	1.29
31	Lectura de Carga	15.2	14.98	14.76	
32	Estabilidad Convertida	1550	1528	1505	
33	Factor de Estabilidad	0.89	0.96	0.93	
34	Estabilidad Corregida	1379	1466	1400	1415.2 Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	2.89	2.86	2.98	
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R			
37	Fluencia	2.89	2.86	2.98	2.9 '2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	4773	5127	4697	4865.8

**GMC S.A.C.**  
Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y  
SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO  
VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA0MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESTISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 30% + 6% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE:	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	4%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA		100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8	
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8	

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.		
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50				
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	49.14	49.14	49.14				
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.88	39.88	39.88				
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.48	5.48	5.48				
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018				
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674				
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693			
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611				
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676			
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804			
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.							
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1200.9	1220.6	1219.8				
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1282.5	1283.6	1284.9				
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	746.6	739.1	740.0				
16	Volumen de la Probeta	c.c.	535.9	544.5	544.9				
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.241	2.242	2.239	2.240			
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.335	2.335	2.335				
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.469	2.469	2.469				
20	% de Vacios	%	4.02	3.99	4.12	4.04	3 - 5		
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654				
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729				
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692				
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536				
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	79.79	79.82	79.70				
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	16.19	16.20	16.18				
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	20.21	20.18	20.30	20.2	Min. 13		
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	4.99	4.99	4.99				
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	80.11	80.25	79.70	80.0			
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.16	1.16	1.16	1.16			
31	Lectura de Carga	Kn	13.54	13.19	13.87				
32	Estabilidad Convertida	kg	1381	1345	1414				
33	Factor de Estabilidad		0.96	0.93	0.93				
34	Estabilidad Corregida	kg	1325	1251	1315	1297.2	Min. 815		
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	3.98	4.06	3.73				
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R							
37	Fluencia	mm.	3.98	4.06	3.73	3.9	2 - 4		
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3330	3081	3526	3312.5			

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP. 259544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código  
RAP-ARA0MACPVT-22-001

**ENSAYO MARSHALL: RESISTENCIA AL FLUJO PLASTICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE  
ASTM D-1559 / ASTM D-6927 / ASTM D-6926**

ENSAYOS	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO			REGISTRO	: RAP-05-22/01
TESTISTA	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA			REALIZADO	: C.C.C
DISEÑO	: DISEÑO RAP 30% + 6% AR - ASTM D 3515 D-4			ING. RESPONSABLE	: J.V.C
PROCEDENCIA	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100			FECHA	: 2/04/2022
LUGAR DE MOLDEO:	LABORATORIO GMC	TIPO DE MARTILLO	MECANICO	T° MEZCLA	162
TIPO LIGANTE:	PEN 85/100	N° GOLPES / lado	35	T° COMPACTACION	152
TIPO DE AGREGADO:	TRITURADO	TIEMPO DE CURADO:	60 min	T° CURADO	NO
TIPO FILLER:	CAL	% AGENTE REJUVENECEDOR	4%		

MATERIAL	%		PORCENTAJE QUE PASA EL TAMIZ											
	Mezcla	Diseño	1"	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200	
A AGREGADO GRUESO	52.00	52.00												
B AGREGADO FINO	42.20	42.20												
C FILLER < Nº 200	5.80	5.80												

MEZCLA ARIDOS FISICA	ASTM D-3515 D-4	100.0	98.2	87.1	75.6	48.0	36.3	---	---	12.2	---	5.8
ESPECIFICACION	ASTM D-3515 D-4	100	90 - 100		56 - 80	36 - 65	23 - 49			5 - 19		2 - 8

1	Numero de Probeta	N	1	2	3	Prom.	ESPE.
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00		
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	48.88	48.88	48.88		
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	39.67	39.67	39.67		
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	5.45	5.45	5.45		
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.674	2.674	2.674		
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.712	2.712	2.712	2.693	
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.611	2.611	2.611		
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.740	2.740	2.740	2.676	
11	Peso Especifico Aparente del Filler < Nº200	gr/cc.	2.804	2.804	2.804	2.804	
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1217.0	1215.0	1219.0		
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1280.4	1296.5	1292.7		
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	730.2	746.9	742.2		
16	Volumen de la Probeta	c.c.	550.2	549.6	550.5		
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.212	2.211	2.214	2.212	
18	Peso Especifico Maximo (RICE) ASTM D-2041	gr/cc.	2.300	2.300	2.300		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.450	2.450	2.450		
20	% de Vacios	%	3.84	3.90	3.74	3.82	3 - 5
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.654	2.654	2.654		
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729		
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.692	2.692	2.692		
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.536	0.536	0.536		
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	78.34	78.30	78.43		
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	17.82	17.81	17.84		
27	% Vacios del Agregado Mineral: VMA	%	21.66	21.70	21.57	21.6	Min. 13
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50		
29	Relacion Asfalto - Vacios : VFA	%	82.26	82.05	82.68	82.3	
30	Relacion Filler / Betun Efectivo		1.06	1.06	1.06	1.06	
31	Lectura de Carga	Kn	11.98	11.21	11.42		
32	Estabilidad Convertida	kg	1222	1143	1164		
33	Factor de Estabilidad		0.89	0.89	0.89		
34	Estabilidad Corregida	kg	1087	1017	1036	1047.0	Min. 815
35	Lectura del Fleximetro mm	mm.	5.11	5.05	4.99		
36	Aceptacion o Rechazo (precision ASTM D 6927)	A / R					
37	Fluencia	mm.	5.11	5.05	4.99	5.1	2 - 4
38	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2128	2015	2077	2073.0	

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544



**“AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y  
SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA  
BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”**

Código:  
RAP-ARAICMACPV-22-004

**GRAVEDAD ESPECIFICA MÁXIMA TEÓRICA DE MEZCLAS DE PAVIMENTOS BITUMINOSOS  
(ASTM D-2041/D-2041M-11)**

<b>OBRA</b>	: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA CON AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO	<b>CERTIFICADO</b>	RAP-05-22/05
<b>TESISTA</b>	: YANCE PEREZ ESTEFANI YESSENIA	<b>REALIZADO</b>	C.C.C
<b>DISEÑO</b>	: DISEÑO RAP 30% + 6% AR - ASTM D 3515 D-4	<b>ING. RESPONSABLE</b>	J.V.C
<b>PROCEDENCIA</b>	: CALLE LEONCIO PRADO KM 000+050 AL KM 000+100	<b>FECHA</b>	2/04/2022

ENSAYO	Nº	1	2	3	4		
CEMENTO ASFALTICO	%	4.50	5.00	5.50	6.00		
PESO DEL MATERIAL	Gr.	1513.3	1537.5	1521.8	1509.0		
PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	Gr.	11749.0	11749.0	11749.0	11749.0		
PESO DEL MATERIAL+FRASCO+AGUA (en aire)	Gr.	13262.3	13286.5	13270.8	13258.0		
PESO DEL MATERIAL +FRASCO+AGUA (en agua)	Gr.	12651.0	12642.0	12619.0	12602.0		
VOLUMEN DEL MATERIAL	c.c.	611.3	644.5	651.8	656.0		
PESO ESPECIFICO MAXIMO	Gr/c.c.	2.476	2.386	2.335	2.300		
PESO ESPECIFICO MAXIMO corregido por temperatura	Gr/c.c.	2.476	2.386	2.335	2.300		
CORRECCION POR TEMPERATURA		1.000	1.000	1.000	1.000		
TIEMPO DE ENSAYO	Min.	30'	30'	30'	30'		
PRESIÓN DE SUCCION ó VACIO	In Hg.	28.5	28.5	28.5	28.5		
TEMPERATURA DE ENSAYO	°C	25°C	25°C	25°C	25°C		
GRAVA TRITURADA 1"	%	18.0	18.0	18.0	18.0		
GRAVA TRITURADA 3/4"	%	23.0	23.0	23.0	23.0		
ARENA TRITURADA 3/8"	%	57.1	57.1	57.1	57.1		
FILLER (CAL)	%	1.88	1.88	1.88	1.88		
ADITIVO MEJORADOR DE ADHERENCIA	%	SI	SI	SI	SI		

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP. 258544

**Anexo N° 04: certificados de calibración**



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-680-2021**

Página: 1 de 3

Expediente : T 547-2021  
Fecha de Emisión : 2021-12-13

**1. Solicitante** : GEOCONTROL PERU S.A.C.  
**Dirección** : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

**2. Instrumento de Medición** : **BALANZA**  
**Marca** : **OHAUS**  
**Modelo** : **R31P30**  
**Número de Serie** : **8336140336**  
**Alcance de Indicación** : **30 000 g**  
**División de Escala de Verificación ( e )** : **1 g**  
**División de Escala Real ( d )** : **1 g**  
**Procedencia** : **NO INDICA**  
**Identificación** : **NO INDICA**  
**Tipo** : **ELECTRÓNICA**  
**Ubicación** : **LABORATORIO**  
**Fecha de Calibración** : **2021-12-11**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

**3. Método de Calibración**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

**4. Lugar de Calibración**

LABORATORIO de GEOCONTROL PERU S.A.C.  
MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-680-2021

Página: 1 de 3

Expediente : T 547-2021  
 Fecha de Emisión : 2021-12-13

**1. Solicitante** : GEOCONTROL PERU S.A.C.  
**Dirección** : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

**2. Instrumento de Medición** : BALANZA  
 Marca : OHAUS  
 Modelo : R31P30  
 Número de Serie : 8336140336  
 Alcance de Indicación : 30 000 g  
 División de Escala de Verificación ( e ) : 1 g  
 División de Escala Real ( d ) : 1 g  
 Procedencia : NO INDICA  
 Identificación : NO INDICA  
 Tipo : ELECTRÓNICA  
 Ubicación : LABORATORIO  
 Fecha de Calibración : 2021-12-11

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

**3. Método de Calibración**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

**4. Lugar de Calibración**

LABORATORIO de GEOCONTROL PERU S.A.C.  
MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.





Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-681-2021**

Página: 1 de 3

Expediente : T 547-2021  
Fecha de Emisión : 2021-12-13

**1. Solicitante** : GEOCONTROL PERU S.A.C.  
**Dirección** : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

**2. Instrumento de Medición** : **BALANZA**  
**Marca** : OHAUS  
**Modelo** : SJX6201/E  
**Número de Serie** : B720134599  
**Alcance de Indicación** : 6 200 g  
**División de Escala de Verificación ( e )** : 0,1 g  
**División de Escala Real ( d )** : 0,1 g  
**Procedencia** : CHINA  
**Identificación** : NO INDICA  
**Tipo** : ELECTRÓNICA  
**Ubicación** : LABORATORIO  
**Fecha de Calibración** : 2021-12-11

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

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.

PUNTO DE PRECISIÓN 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.

**3. Método de Calibración**

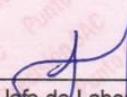
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

**4. Lugar de Calibración**

LABORATORIO de GEOCONTROL PERU S.A.C.  
MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-681-2021

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	24,0	24,2
Humedad Relativa	66,3	67,2

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE21-C-0084-2021
	Pesa (exactitud F1)	M-0527-2020

7. Observaciones

(\*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 6 200,0 g

No se realizó ajuste a la balanza antes de su calibración.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 3 100,00 g			Carga L2= 6 200,01 g		
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)
1	3 100,0	0,05	0,00	6 200,0	0,09	-0,05
2	3 100,0	0,09	-0,04	6 200,0	0,05	-0,01
3	3 100,0	0,06	-0,01	6 200,0	0,07	-0,03
4	3 100,0	0,08	-0,03	6 200,1	0,06	0,08
5	3 100,0	0,05	0,00	6 200,1	0,08	0,06
6	3 100,0	0,09	-0,04	6 200,1	0,09	0,05
7	3 100,0	0,06	-0,01	6 200,1	0,05	0,09
8	3 100,1	0,08	0,07	6 200,1	0,07	0,07
9	3 100,0	0,05	0,00	6 200,1	0,08	0,06
10	3 100,0	0,07	-0,02	6 200,0	0,06	-0,02
Diferencia Máxima			0,11	0,14		
Error máximo permitido ±			0,3 g	± 0,3 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033**



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-681-2021

Página: 3 de 3

2	5
1	4
3	

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l (g)	ΔL (g)	E <sub>0</sub> (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	1,00	1,0	0,05	0,00	2 000,00	2 000,0	0,08	-0,03	-0,03
2		1,0	0,09	-0,04		2 000,1	0,05	0,10	0,14
3		1,0	0,06	-0,01		1 999,9	0,03	-0,08	-0,07
4		1,0	0,08	-0,03		2 000,1	0,09	0,06	0,09
5		1,0	0,07	-0,02		1 999,8	0,04	-0,19	-0,17

Temp. (°C) Inicial: 24,1 Final: 24,1

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 0,3 g

**ENSAYO DE PESAJE**

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E <sub>c</sub> (g)	
1,00	1,0	0,05	0,00						
5,00	5,0	0,09	-0,04	-0,04	5,0	0,08	-0,03	-0,03	0,1
20,00	20,0	0,08	-0,03	-0,03	20,0	0,05	0,00	0,00	0,1
50,00	50,0	0,06	-0,01	-0,01	50,0	0,09	-0,04	-0,04	0,1
500,00	500,0	0,05	0,00	0,00	500,1	0,06	0,09	0,09	0,1
1 000,00	1 000,0	0,07	-0,02	-0,02	1 000,1	0,08	0,07	0,07	0,2
1 500,00	1 500,0	0,09	-0,04	-0,04	1 500,0	0,05	0,00	0,00	0,2
2 000,00	1 999,9	0,05	-0,10	-0,10	2 000,0	0,07	-0,02	-0,02	0,2
5 000,01	4 999,9	0,04	-0,10	-0,10	5 000,0	0,06	-0,02	-0,02	0,3
6 000,01	5 999,9	0,03	-0,09	-0,09	5 999,9	0,03	-0,09	-0,09	0,3
6 200,01	6 199,9	0,04	-0,10	-0,10	6 199,9	0,04	-0,10	-0,10	0,3

Temp. (°C) Inicial: 24,1 Final: 24,2

e.m.p.: error máximo permitido

**Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada**

$$R_{\text{corregida}} = R + 2,46 \times 10^{-5} \times R$$

**Incertidumbre**

$$U_R = 2 \sqrt{5,01 \times 10^{-3} \text{ g}^2 + 1,16 \times 10^{-9} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>0</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 1284 - 2021

Página : 1 de 2

**Expediente** : T 547-2021  
**Fecha de emisión** : 2021-12-13

**1. Solicitante** : GEOCONTROL PERU S.A.C.  
**Dirección** : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

**2. Instrumento de Medición** : BAÑO MARIA

**Alcance de Medición** : NO INDICA  
**Resolución** : 0,1 °C

**Marca** : PYS EQUIPOS  
**Modelo** : ST5Y-2  
**Serie** : 140725  
**Procedencia** : NO INDICA

**Marca de Indicador** : AUTCOMP  
**Modelo de Indicador** : TCD  
**Serie de Indicador** : NO INDICA  
**Temperatura Calibrada** : 60 °C

**3. Lugar y fecha de Calibración**  
MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA  
11 - DICIEMBRE - 2021

**4. Método de Calibración**  
Por Comparación con patrones Certificados.

**5. Trazabilidad**

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMÓMETRO DIGITAL	DELTA OHM	LT - 105 - 2021	INACAL - DM

**6. Condiciones Ambientales**

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,4	24,4
Humedad %	63	63

**7. Observaciones**

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento. Tiempo de estabilización del equipo no menor a 30 minutos.

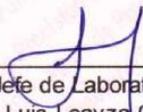
La incertidumbre ha sido determinada con un factor de cobertura  $k=2$  para un nivel de confianza del 95 %

Punto de Precisión S.A.C. utiliza en sus verificaciones y calibraciones patrones 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.

Punto de Precisión 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.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 1284 - 2021

Página : 1 de 2

**Expediente** : T 547-2021  
**Fecha de emisión** : 2021-12-13

**1. Solicitante** : GEOCONTROL PERU S.A.C.  
**Dirección** : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

**2. Instrumento de Medición** : BAÑO MARIA

**Alcance de Medición** : NO INDICA  
**Resolución** : 0,1 °C

**Marca** : PYS EQUIPOS  
**Modelo** : ST5Y-2  
**Serie** : 140725  
**Procedencia** : NO INDICA

**Marca de Indicador** : AUTCOMP  
**Modelo de Indicador** : TCD  
**Serie de Indicador** : NO INDICA  
**Temperatura Calibrada** : 60 °C

**3. Lugar y fecha de Calibración**  
MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA  
11 - DICIEMBRE - 2021

**4. Método de Calibración**  
Por Comparación con patrones Certificados.

**5. Trazabilidad**

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMÓMETRO DIGITAL	DELTA OHM	LT - 105 - 2021	INACAL - DM

**6. Condiciones Ambientales**

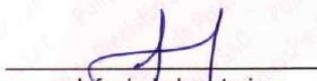
	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,4	24,4
Humedad %	63	63

**7. Observaciones**

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento. Tiempo de estabilización del equipo no menor a 30 minutos.

La incertidumbre ha sido determinada con un factor de cobertura  $k=2$  para un nivel de confianza del 95 %



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Punto de Precisión S.A.C. utiliza en sus verificaciones y calibraciones patrones 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.

Punto de Precisión 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.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2333 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 547-2021  
Fecha de Emisión : 2021-12-13

1. Solicitante : GEOCONTROL PERU S.A.C.

Dirección : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

2. Instrumento de Medición : TAMIZ

Tamiz N° : 1/2 pulg

Diametro de Tamiz : 12 pulg

Marca : ELE

Serie : 123218185

Material : BRONCE

Color : DORADO

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.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
11 - DICIEMBRE - 2021

4. Método de Calibración

Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

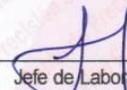
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,3	24,3
Humedad %	65	66

7. Observaciones

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (\*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

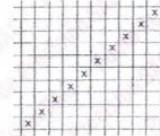
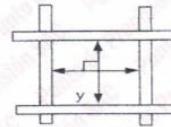
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2333 - 2021

Página : 2 de 2

## 8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS										PROMEDIO	ESTÁNDAR	ERROR	DESVIACIÓN ESTANDAR MÁXIMA	DESVIACIÓN ESTANDAR
mm										mm	mm	mm	mm	mm
12,54	12,55	12,34	12,48	12,34	12,55	12,48	12,48	12,54	12,34	12,46	12,50	-0,04	0,302	0,088
12,54	12,48	12,52	12,54	12,48	12,40	12,40	12,34	12,48	12,54					
12,34	12,55	12,54	12,34	12,54	12,55	12,54	12,55	12,34	12,48					
12,54	12,48	12,34	12,55	12,34	12,48	12,55	12,34	12,48	12,34					
12,55	12,34	12,34	12,54	12,34	12,55	12,54	12,34	12,55	12,34					
12,48	12,54	12,55	12,48	12,54	12,34	12,55	12,48	12,34	12,48					



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2328 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 547-2021  
Fecha de Emisión : 2021-12-13

1. Solicitante : GEOCONTROL PERU S.A.C.

Dirección : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

2. Instrumento de Medición : TAMIZ

Tamiz N° : 1/2 pulg

Diametro de Tamiz : 8 pulg

Marca : FORNEY

Serie : 1/2"BS8F699495

Material : BRONCE

Color : DORADO

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.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
11 - DICIEMBRE - 2021

4. Método de Calibración

Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

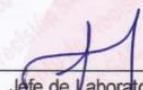
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,1	24,2
Humedad %	64	65

7. Observaciones

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (\*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

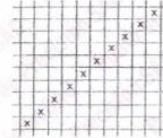
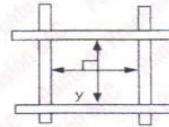
## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2328 - 2021

Página : 2 de 2

### 8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS										PROMEDIO	ESTÁNDAR	ERROR	DESVIACIÓN ESTÁNDAR MÁXIMA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
mm										mm	mm	mm	mm	mm
12,55	12,50	12,28	12,48	12,52	12,40	12,34	12,54	12,48	12,28	12,46	12,50	-0,04	0,302	0,079
12,54	12,45	12,34	12,48	12,34	12,48	12,45	12,55	12,45	12,34					
12,40	12,48	12,34	12,40	12,54	12,54	12,50	12,40	12,54	12,34					
12,45	12,55	12,48	12,54	12,55	12,34	12,48	12,34	12,55	12,48					
12,54	12,50	12,40	12,54	12,48	12,52	12,54	12,48	12,40	12,40					
12,34	12,48	12,34	12,55	12,48	12,45	12,40	12,45	12,52	12,54					



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2324 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 547-2021  
Fecha de Emisión : 2021-12-13

1. Solicitante : GEOCONTROL PERU S.A.C.

Dirección : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

2. Instrumento de Medición : TAMIZ

Tamiz N° : 3/4 pulg

Diametro de Tamiz : 8 pulg

Marca : ORION

Serie : 15284

Material : ACERO

Color : PLATEADO

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.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
11 - DICIEMBRE - 2021

4. Método de Calibración

Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,1	24,1
Humedad %	64	64

7. Observaciones

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (\*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

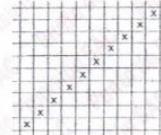
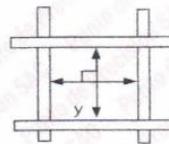
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2324 - 2021

Página : 2 de 2

## 8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS										PROMEDIO	ESTÁNDAR	ERROR	DESVIACIÓN ESTÁNDAR MÁXIMA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
mm										mm	mm	mm	mm	mm
19,10	18,22	18,45	19,05	18,22	18,45	18,27	19,10	18,28	19,05	18,57	19,00	-0,43	0,446	0,361
19,05	18,27	19,05	18,27	18,28	19,08	18,42	18,22	19,10	18,42					
18,22	18,45	19,05	18,42	18,28	18,56	18,24	19,08	19,10	18,27					
18,45	18,42	19,10	18,22	18,45	19,05	18,22	18,45	18,22	18,45					
18,22	19,10	18,42	18,22	18,42	19,10	18,22	18,42	19,10	18,42					



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



# PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2329 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 547-2021  
Fecha de Emisión : 2021-12-13

1. Solicitante : GEOCONTROL PERU S.A.C.

Dirección : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

2. Instrumento de Medición : TAMIZ

Tamiz N° : 3/8 pulg

Diametro de Tamiz : 8 pulg

Marca : FORNEY

Serie : 3/8"BS8F602426

Material : BRONCE

Color : DORADO

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.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración  
LABORATORIO DE PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.  
11 - DICIEMBRE - 2021

4. Método de Calibración  
Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

#### 5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

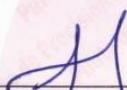
#### 6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,2	24,3
Humedad %	65	65

#### 7. Observaciones

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.
- (\*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

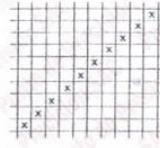
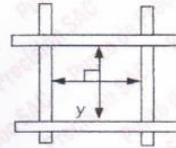
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2329 - 2021

Página : 2 de 2

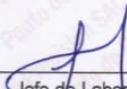
## 8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS										PROMEDIO	ESTÁNDAR	ERROR	DESVIACIÓN ESTÁNDAR MÁXIMA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
mm										mm	mm	mm	mm	mm
9,56	9,49	9,41	9,56	9,53	9,41	9,49	9,53	9,41	9,56	9,47	9,50	-0,03	0,237	0,056
9,49	9,53	9,42	9,49	9,46	9,42	9,45	9,42	9,46	9,49					
9,42	9,41	9,54	9,56	9,42	9,45	9,54	9,56	9,41	9,45					
9,41	9,56	9,53	9,46	9,41	9,42	9,53	9,46	9,45	9,56					
9,53	9,41	9,56	9,42	9,54	9,41	9,42	9,53	9,46	9,45					
9,42	9,46	9,49	9,45	9,41	9,53	9,41	9,56	9,42	9,54					
9,56	9,45	9,42	9,41	9,56	9,42	9,46	9,49	9,45	9,41					



FIN DEL DOCUMENTO



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.



# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2332 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 547-2021  
Fecha de Emisión : 2021-12-13

1. Solicitante : GEOCONTROL PERU S.A.C.

Dirección : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

2. Instrumento de Medición : TAMIZ

Tamiz N° : 3/8 pulg

Diametro de Tamiz : 12 pulg

Marca : ELE

Serie : 131613957

Material : BRONCE

Color : DORADO

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.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración  
LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
11 - DICIEMBRE - 2021

4. Método de Calibración  
Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

#### 5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

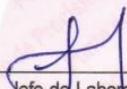
#### 6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,3	24,3
Humedad %	65	66

#### 7. Observaciones

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (\*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

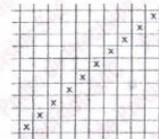
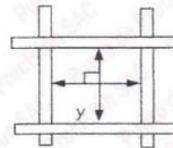
## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2332 - 2021

Página : 2 de 2

### 8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS										PROMEDIO	ESTÁNDAR	ERROR	DESVIACIÓN ESTANDAR MÁXIMA	DESVIACIÓN ESTANDAR
mm										mm	mm	mm	mm	mm
9,56	9,42	9,45	9,54	9,56	9,46	9,54	9,53	9,46	9,45	9,49	9,50	-0,01	0,237	0,048
9,46	9,41	9,42	9,53	9,46	9,53	9,45	9,46	9,53	9,54					
9,42	9,54	9,41	9,42	9,53	9,45	9,53	9,54	9,45	9,46					
9,45	9,45	9,53	9,41	9,56	9,46	9,54	9,45	9,54	9,53					
9,41	9,56	9,42	9,46	9,49	9,53	9,45	9,46	9,45	9,46					
9,53	9,46	9,54	9,45	9,54	9,46	9,53	9,45	9,53	9,54					
9,54	9,45	9,53	9,54	9,46	9,53	9,54	9,46	9,54	9,53					



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2330 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 547-2021

Fecha de Emisión : 2021-12-13

1. Solicitante : GEOCONTROL PERU S.A.C.

Dirección : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

2. Instrumento de Medición : TAMIZ

Tamiz N° : 4

Diametro de Tamiz : 8 pulg

Marca : SOILTEST

Serie : NO INDICA

Material : BRONCE

Color : DORADO

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.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

11 - DICIEMBRE - 2021

4. Método de Calibración

Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,2	24,3
Humedad %	65	65

7. Observaciones

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (\*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2330 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 547-2021  
Fecha de Emisión : 2021-12-13

1. Solicitante : GEOCONTROL PERU S.A.C.

Dirección : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

2. Instrumento de Medición : TAMIZ

Tamiz N° : 4

Diametro de Tamiz : 8 pulg

Marca : SOILTEST

Serie : NO INDICA

Material : BRONCE

Color : DORADO

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.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
11 - DICIEMBRE - 2021

4. Método de Calibración

Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

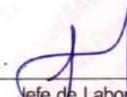
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,2	24,3
Humedad %	65	65

7. Observaciones

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (\*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2330 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 547-2021

Fecha de Emisión : 2021-12-13

1. Solicitante : GEOCONTROL PERU S.A.C.

Dirección : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

2. Instrumento de Medición : TAMIZ

Tamiz N° : 4

Diametro de Tamiz : 8 pulg

Marca : SOILTEST

Serie : NO INDICA

Material : BRONCE

Color : DORADO

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.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

11 - DICIEMBRE - 2021

4. Método de Calibración

Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,2	24,3
Humedad %	65	65

7. Observaciones

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (\*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

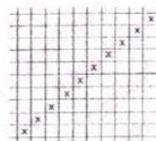
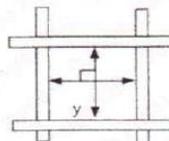
## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2330 - 2021

Página : 2 de 2

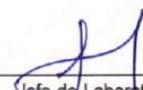
### 8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS										PROMEDIO	ESTÁNDAR	ERROR	DESVIACIÓN ESTÁNDAR MÁXIMA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
mm										mm	mm	mm	mm	mm
4,72	4,65	4,79	4,59	4,65	4,70	4,59	4,70	4,79	4,70	4,66	4,75	-0,09	0,13	0,09
4,48	4,48	4,68	4,75	4,48	4,68	4,65	4,74	4,68	4,59					
4,59	4,70	4,74	4,70	4,72	4,74	4,48	4,59	4,65	4,59					
4,59	4,70	4,79	4,70	4,79	4,59	4,68	4,72	4,48	4,74					
4,65	4,74	4,68	4,59	4,74	4,70	4,75	4,79	4,74	4,75					
4,48	4,59	4,65	4,59	4,68	4,72	4,79	4,59	4,70	4,48					
4,68	4,72	4,48	4,68	4,74	4,59	4,65	4,68	4,48	4,72					
4,75	4,79	4,74	4,65	4,75	4,70	4,74	4,59	4,75	4,79					
4,79	4,59	4,70	4,72	4,65	4,79	4,59	4,65	4,70	4,59					
4,74	4,48	4,59	4,48	4,48	4,68	4,75	4,48	4,68	4,65					



FIN DEL DOCUMENTO



  
 Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2331 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 547-2021  
Fecha de Emisión : 2021-12-13

1. Solicitante : GEOCONTROL PERU S.A.C.

Dirección : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

2. Instrumento de Medición : TAMIZ

Tamiz N° : 4

Diametro de Tamiz : 12 pulg

Marca : FORNEY

Serie : 4BS12F594676

Material : BRONCE

Color : DORADO

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.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
11 - DICIEMBRE - 2021

4. Método de Calibración

Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

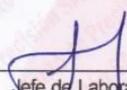
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,2	24,3
Humedad %	65	65

7. Observaciones

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (\*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

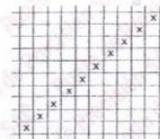
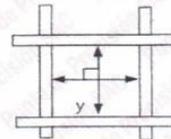
## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2331 - 2021

Página : 2 de 2

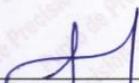
### 8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS										PROMEDIO	ESTÁNDAR	ERROR	DESVIACIÓN ESTÁNDAR MÁXIMA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
mm										mm	mm	mm	mm	mm
4,59	4,65	4,59	4,70	4,79	4,70	4,79	4,59	4,59	4,65	4,66	4,75	-0,09	0,13	0,07
4,65	4,48	4,74	4,74	4,68	4,59	4,74	4,70	4,70	4,59					
4,70	4,74	4,75	4,59	4,68	4,59	4,68	4,72	4,65	4,68					
4,59	4,70	4,68	4,72	4,48	4,68	4,74	4,59	4,59	4,65					
4,65	4,48	4,79	4,79	4,74	4,65	4,68	4,70	4,79	4,70					
4,70	4,75	4,68	4,59	4,68	4,72	4,65	4,79	4,68	4,59					
4,59	4,70	4,59	4,65	4,70	4,59	4,70	4,59	4,70	4,65					
4,65	4,70	4,68	4,59	4,59	4,70	4,59	4,65	4,68	4,70					
4,59	4,59	4,65	4,70	4,68	4,59	4,70	4,59	4,59	4,65					
4,65	4,70	4,59	4,59	4,70	4,65	4,68	4,59	4,65	4,70					



FIN DEL DOCUMENTO



  
 Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2326 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 547-2021  
Fecha de Emisión : 2021-12-13

1. Solicitante : GEOCONTROL PERU S.A.C.

Dirección : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

2. Instrumento de Medición : TAMIZ

Tamiz N° : 8

Diámetro de Tamiz : 8 pulg

Marca : SOILTEST

Serie : NO INDICA

Material : BRONCE

Color : DORADO

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.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
11 - DICIEMBRE - 2021

4. Método de Calibración

Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
RETÍCULA DE MEDICIÓN	INSIZE	LLA - 035 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

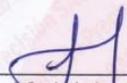
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,1	24,2
Humedad %	64	65

7. Observaciones

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (\*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

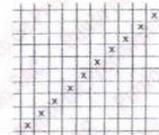
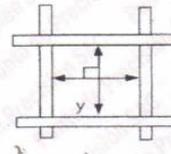
## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2326 - 2021

Página : 2 de 2

### 8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS										PROMEDIO	ESTÁNDAR	ERROR	DESVIACIÓN ESTANDAR MÁXIMA	DESVIACIÓN ESTANDAR
mm										mm	mm	mm	mm	mm
2,289	2,285	2,285	2,318	2,246	2,289	2,289	2,246	2,310	2,289	2,295	2,360	-0,065	0,077	0,023
2,318	2,289	2,289	2,297	2,289	2,289	2,279	2,308	2,285	2,246					
2,246	2,246	2,318	2,246	2,285	2,297	2,318	2,289	2,318	2,308					
2,310	2,318	2,246	2,310	2,308	2,310	2,289	2,246	2,246	2,310					
2,310	2,310	2,246	2,310	2,308	2,310	2,289	2,246	2,246	2,310					
2,285	2,285	2,310	2,285	2,310	2,285	2,310	2,285	2,310	2,285					
2,310	2,289	2,318	2,310	2,318	2,318	2,310	2,318	2,289	2,310					
2,289	2,318	2,289	2,318	2,318	2,310	2,289	2,318	2,310	2,318					
2,318	2,289	2,318	2,310	2,289	2,318	2,318	2,310	2,318	2,310					
2,310	2,289	2,308	2,279	2,318	2,246	2,285	2,289	2,246	2,246					
2,289	2,297	2,285	2,310	2,285	2,289	2,310	2,318	2,285	2,318					



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2327 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 547-2021  
Fecha de Emisión : 2021-12-13

1. Solicitante : GEOCONTROL PERU S.A.C.

Dirección : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

2. Instrumento de Medición : TAMIZ

Tamiz N° : 50

Diametro de Tamiz : 8 pulg

Marca : FORNEY

Serie : 50BS8F650511

Material : BRONCE

Color : DORADO

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.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
11 - DICIEMBRE - 2021

4. Método de Calibración

Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
RETÍCULA DE MEDICIÓN	INSIZE	LLA - 035 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,1	24,2
Humedad %	64	65

7. Observaciones

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (\*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

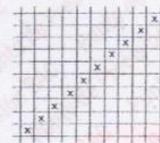
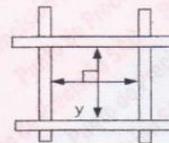
## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2327 - 2021

Página : 2 de 2

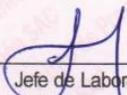
### 8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS										PROMEDIO	ESTÁNDAR	ERROR	DESVIACIÓN ESTANDAR MÁXIMA	DESVIACIÓN ESTANDAR
$\mu\text{m}$										$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
308	299	305	298	308	308	310	302	298	294	301	300	1	20,29	5,79
298	310	295	294	295	294	305	295	310	299					
294	295	295	295	299	310	299	294	302	305					
302	294	299	310	302	295	302	295	299	298					
308	305	302	298	305	299	298	308	295	294					
295	308	295	299	294	295	294	299	305	295					
294	299	299	302	302	298	305	310	298	310					
299	295	294	308	295	310	295	295	299	294					
305	299	298	308	294	308	310	295	310	310					
294	308	299	310	310	294	305	308	295	294					
310	298	298	302	305	298	302	299	294	298					
308	299	305	298	308	308	310	302	298	294					
295	302	295	299	302	298	295	310	305	295					
298	294	295	294	298	295	298	305	299	298					
299	295	310	305	302	299	294	302	294	305					
305	299	298	308	294	308	310	295	310	310					
294	308	299	310	310	294	305	308	295	294					
302	294	305	299	302	305	298	308	308	310					
295	310	310	294	308	295	294	295	294	305					
308	295	294	295	310	295	295	299	310	299					



FIN DEL DOCUMENTO



  
 Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2325 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 547-2021  
Fecha de Emisión : 2021-12-13

1. Solicitante : GEOCONTROL PERU S.A.C.

Dirección : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

2. Instrumento de Medición : TAMIZ

Tamiz N° : 200

Diametro de Tamiz : 8 pulg

Marca : FORNEY

Serie : 200BS8F675437

Material : BRONCE

Color : DORADO

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.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
11 - DICIEMBRE - 2021

4. Método de Calibración

Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
RETICULA DE MEDICIÓN	INSIZE	LLA - 035 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,1	24,1
Humedad %	64	64

7. Observaciones

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (\*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

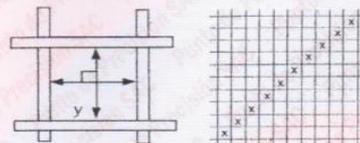
## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2325 - 2021

Página : 2 de 2

**8. Resultados**

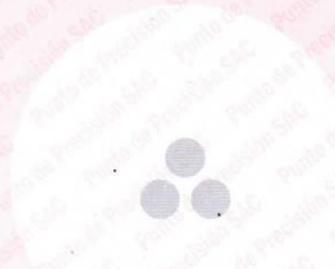
MEDIDAS TOMADAS										PROMEDIO	ESTÁNDAR	ERROR	DESVIACIÓN ESTANDAR MÁXIMA	DESVIACIÓN ESTANDAR
$\mu\text{m}$										$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$
78	75	73	71	78	75	71	75	78	72	74	75	-1	9,02	2,56
75	78	72	72	71	72	75	78	72	71					
71	72	78	75	78	78	73	75	78	73					
73	71	75	78	71	78	71	78	72	75					
78	78	72	75	75	73	72	73	71	78					
75	78	71	71	78	78	72	71	78	73					
72	75	72	78	73	75	71	72	75	72					
73	78	78	75	72	72	78	78	78	72					
71	78	75	78	71	78	71	78	73	75					
78	71	73	72	75	72	75	75	72	71					
78	72	75	73	78	75	71	72	73	75					
75	73	78	71	72	73	78	75	71	78					
72	75	73	71	75	71	75	72	72	72					
71	75	72	75	78	72	78	78	71	72					
73	78	78	78	72	73	73	75	78	75					
71	71	73	75	73	75	78	72	75	73					
78	73	78	71	78	71	73	78	75	78					
78	73	75	73	78	73	78	75	78	75					
72	75	72	74	75	78	73	72	74	73					
73	74	75	78	73	75	72	73	75	78					
75	72	73	74	78	74	78	72	73	72					
78	73	78	73	72	73	75	75	78	75					
72	75	73	78	75	72	74	78	72	73					
75	78	74	72	73	78	72	75	73	78					
78	78	71	78	73	71	73	73	78	73					
75	71	72	78	75	72	75	78	75	75					
73	72	75	72	78	78	71	73	72	71					
72	78	78	75	71	78	72	75	78	75					
71	71	71	72	73	72	75	71	78	75					
75	73	72	75	71	78	75	78	71	72					



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631





Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2323 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 547-2021  
Fecha de Emisión : 2021-12-13

1. Solicitante : GEOCONTROL PERU S.A.C.

Dirección : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

2. Instrumento de Medición : TAMIZ

Tamiz N° : 200

Diametro de Tamiz : 8 pulg

Marca : FORNEY

Serie : 200BS8F559738

Material : BRONCE

Color : DORADO

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.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
11 - DICIEMBRE - 2021

4. Método de Calibración

Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
RETÍCULA DE MEDICIÓN	INSIZE	LLA - 035 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

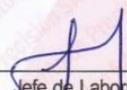
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,1	24,1
Humedad %	64	64

7. Observaciones

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (\*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

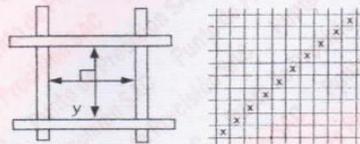
## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2323 - 2021

Página : 2 de 2

### 8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS										PROMEDIO	ESTÁNDAR	ERROR	DESVIACIÓN ESTÁNDAR MÁXIMA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR
μm										μm	μm	μm	μm	μm
75	75	76	75	78	72	72	73	73	75	75	75	0	9,02	1,99
74	74	74	73	74	73	78	76	75	76					
72	73	72	78	72	75	76	72	76	72					
75	74	78	72	75	75	73	78	75	72					
78	72	76	74	73	76	76	73	74	75					
76	75	75	75	72	75	74	75	72	78					
75	78	73	78	76	78	73	78	73	76					
74	76	75	76	74	72	75	76	75	75					
72	75	74	75	72	75	78	74	75	73					
78	74	76	75	74	74	76	72	76	74					
75	72	72	75	73	75	75	76	73	72					
76	75	73	74	78	76	75	75	75	78					
73	78	76	73	75	72	72	76	75	76					
72	76	78	72	76	74	75	73	72	73					
74	72	75	78	74	78	76	74	72	72					
75	75	74	75	73	78	72	78	76	73					
76	78	73	74	75	75	75	75	72	75					
78	73	75	73	78	73	78	75	78	75					
72	75	72	74	75	78	73	72	74	73					
73	74	75	78	73	75	72	73	75	78					
75	72	73	74	78	74	78	72	73	72					
78	73	78	73	72	73	75	75	78	75					
72	75	73	78	75	72	74	78	72	73					
75	78	74	72	73	78	72	75	73	78					
72	73	75	73	74	74	73	72	78	75					
73	72	73	78	75	78	75	78	72	78					
74	78	72	73	72	78	73	72	75	73					
78	73	75	72	75	73	75	73	78	75					
73	75	74	73	72	78	73	78	75	73					
74	72	78	75	73	72	75	72	73	78					



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LO - 207 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 547-2021  
Fecha de emisión : 2021-12-13

1. Solicitante : GEOCONTROL PERU S.A.C.

Dirección : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

2. Instrumento de medición : CENTRÍFUGA

Indicación : ANALÓGICO  
Alcance de Indicación : NO INDICA  
Resolución : NO INDICA  
Marca : NO INDICA  
Serie : NO INDICA

Punto de Precisión S.A.C. utiliza en sus verificaciones y calibraciones patrones 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.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA  
11 - DICIEMBRE - 2021

4. Método de Calibración

La calibración se efectuó por el método de comparación utilizando patrones certificados.

5. Trazabilidad

PATRÓN UTILIZADO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TACOMETRO DIGITAL	BOECO	C - IN - 0022 - 2021	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,5	24,5
Humedad %	64	64

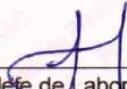
7. Resultados de la Medición

Los resultados de la mediciones se muestran en la pagina siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LO - 207 - 2021

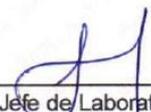
Página : 2 de 2

### Resultados

	INDICACIÓN DEL PATRÓN	PRÓMEDIO
	(rpm)	(rpm)
MÁXIMA VELOCIDAD DE CENTRIFUGA	3500,6	3428,0
	3490,8	
	3494,7	
	3485,2	
	3372,4	
	3394,5	
	3387,6	
	3396,9	
	3383,5	
	3374,2	

FIN DEL DOCUMENTO



  
\_\_\_\_\_  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 653 - 2021

Página : 1 de 2

Expediente : T 547-2021  
Fecha de emisión : 2021-12-13

1. Solicitante : GEOCONTROL PERU S.A.C.

Dirección : MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA

2. Descripción del Equipo : PRESNA MARSHALL

Marca de Prensa : NO INDICA  
Modelo de Prensa : NO INDICA  
Serie de Prensa : NO INDICA

Marca de Celda : ZEMIC  
Modelo de Celda : H3-C3-5.0t-6B  
Serie de Celda : 417359  
Capacidad de Celda : 5 t

Marca de Indicador : HIGH WEIGHT  
Modelo de Indicador : 315-X8  
Serie de Indicador : 118228

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicado 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.

Punto de Precisión 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.

3. Lugar y fecha de Calibración

MZA. E LOTE. 3 ASOC. RICARDO PALMA - ATE - LIMA  
11 - DICIEMBRE - 2021

4. Método de Calibración

La Calibración se realizó por comparación con celda patrón

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	MAVIN	CCP - 0994 - 001 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	MCC		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,5	24,5
Humedad %	64	64

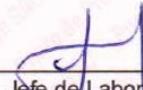
7. Resultados de la Medición

Los errores de la Prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



# PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 653 - 2021

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	495,22	495,99	0,96	0,80	495,61	0,89	-0,15
1000	990,82	991,25	0,92	0,88	991,04	0,90	-0,04
1500	1489,12	1491,15	0,73	0,59	1490,14	0,66	-0,14
2000	1983,87	1986,68	0,81	0,67	1985,28	0,74	-0,14
2500	2503,64	2505,63	-0,15	-0,23	2504,64	-0,19	-0,08
3000	3019,99	3019,58	-0,67	-0,65	3019,79	-0,66	0,01
3500	3519,46	3518,54	-0,56	-0,53	3519,00	-0,54	0,03
4000	4025,22	4023,96	-0,63	-0,60	4024,59	-0,61	0,03

**NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN**

- 1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:  

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$
- 2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %
- 3.- Coeficiente Correlación:  $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste :  $y = 0,9893x + 20,285$

Donde: x : Lectura de la pantalla  
 y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

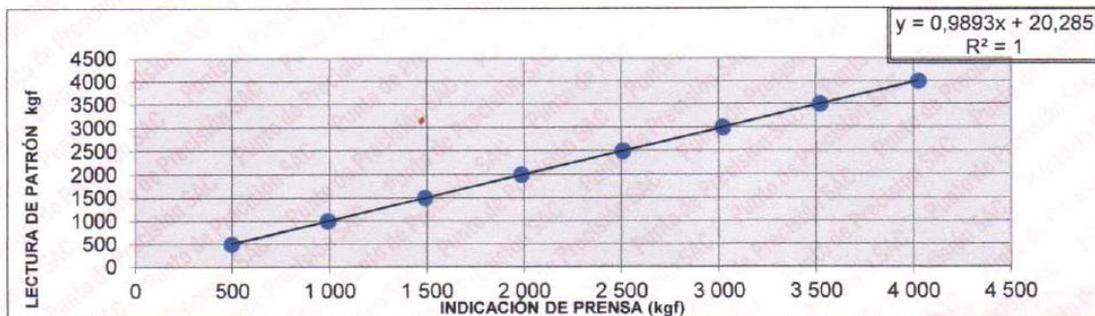
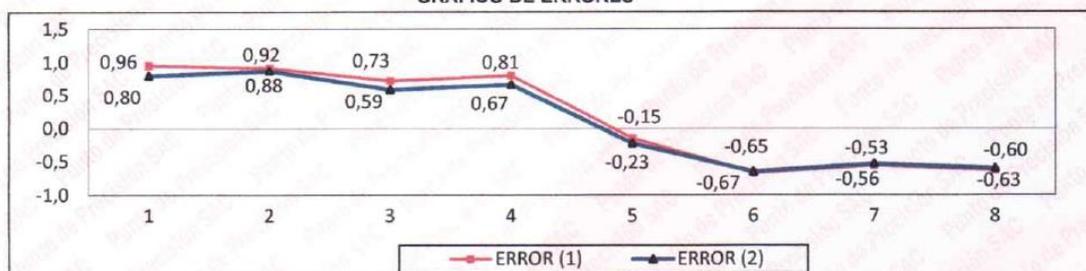


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

**Anexo N° 05: instrumento y validación**









# UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

**Tesis:**

"AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO"

**Investigador:**

Bach. Estefani Yessenia, Yance Perez

## ENSAYO MARSHALL- ASTM D 3515 D-4

**Código de muestra:**

**Fecha:**

PROPORCIÓN									
Código de briqueta									
Diámetro 1									
Diámetro 2									
Altura 1									
Altura 2									
Altura 3									
Peso de la Briqueta al aire (gr)									
Peso de la Briqueta Sumergida en el agua (gr)									
Peso de la Briqueta Sat. Sup. Seca (gr)									
Estabilidad (KN)									
Flujo (mm)									
PROPORCIÓN									
Código de briqueta									
Diámetro 1									
Diámetro 2									
Altura 1									
Altura 2									
Altura 3									
Peso de la Briqueta al aire (gr)									
Peso de la Briqueta Sumergida en el agua (gr)									
Peso de la Briqueta Sat. Sup. Seca (gr)									
Estabilidad (KN)									
Flujo (mm)									



**Anexo N° 06: características del asfalto reciclado**

	AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO	Código: INF-01-PF/R.A.P-2023
	<b>INFORME PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS R.A.P</b>	Página: 1 de 18

### Resumen

La utilización del pavimento asfáltico reciclado para la construcción y rehabilitación de carreteras es un tema que ha venido avanzando en los últimos años, mediante mejoras a las técnicas de reciclaje, obtención y reutilización, generando múltiples ventajas tanto económicas como ambientales al disminuir los procesos de extracción de materiales granulares, costos de producción, logística, entre otros. Sin embargo, el empleo de estas técnicas y el uso del RAP en proyectos viales en Perú es muy mínimo y solo algunos departamentos la han implementado. Por tal motivo, el siguiente informe busca implantar una perspectiva clara sobre el uso del material asfáltico reciclado, además de impulsar su utilización exponiendo las ventajas de cada una de las técnicas de reciclaje, su viabilidad técnica, el comportamiento físico y mecánico frente a las diferentes aplicaciones, y aquellos lugares en los cuales se ha practicado esta técnica en el país para el mejoramiento de las carreteras.

### Introducción

En la actualidad el pavimento asfáltico reciclado se ha convertido en una alternativa sostenible a la hora de restaurar carreteras en mal estado. El empleo de este material disminuye la utilización de los recursos naturales y de la energía para la fabricación de las mezclas, siendo amigable con el medio ambiente y a su vez brinda beneficios económicos al disminuir los costos en los procesos de producción, colocación y transporte.

La implementación de esta técnica requiere de buenas prácticas, desde la obtención del material mediante las técnicas de reciclaje hasta su disposición final, ya sea en una base granular o para el diseño de una nueva mezcla. Las características físicas y mecánicas juegan un papel muy importante a la hora de elegir la aplicación del pavimento asfáltico reciclado para la construcción y rehabilitación de carreteras.

Dicho esto, el siguiente informe está enfocado en establecer un punto de vista claro sobre la utilización del RAP en Perú, dando a conocer las ventajas que posee cada una de las técnicas de reciclaje y la más empleada, el comportamiento físico, mecánico y reológico de las propiedades del material reciclado y los distintos usos que se le pueden dar al material asfáltico reciclado.

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544

	AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO	Código: INF-01-PF/R.A.P-2023
	<b>INFORME PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS R.A.P</b>	Página: 2 de 18

## MARCO CONCEPTUAL

En esta sección se presentan las definiciones y conceptos claves acerca del pavimento asfáltico reciclado.

### Asfalto

El asfalto es un material viscoso, que usualmente se utiliza como cementante en mezclas de concreto asfáltico, cuyo principal uso es en la construcción de pavimentos flexibles.

### Mezcla asfáltica

Es una mezcla en proporciones exactas de asfalto (ligante hidrocarbonato), y materiales minerales compuestos por diferentes tamaños de áridos finos y gruesos.

### Agregados pétreos

Son materiales sólidos e inertes (piedra chancada y arena) que deben cumplir con una granulometría específica dependiendo de la NORMA TÉCNICA PERUANA. Se emplean para la construcción de productos artificiales mediante su mezcla con ligantes de activación hidráulica tales como cementos, cales o con ligantes asfálticos para el caso de una construcción de carretera.

### Pavimento asfáltico

El pavimento asfáltico es el tipo de pavimento de mayor uso alrededor del planeta; siendo que este tiene usos desde residenciales, portuarios, aeroportuarios y autopistas, en general. Su elaboración y composición depende de factores como: clima, tráfico, materiales a disposición y su distancia, así como su ubicación geográfica.

### Pavimento flexible

Constituidos por varias capas, que permiten una distribución de esfuerzos, inducidos por el tránsito, hasta el terreno natural sin que estas sufran deformaciones. Estructuralmente sus capas se colocan en orden descendente, de acuerdo con su capacidad de carga, las cuales son: Carpeta asfáltica, base, subbase y subrasante.

### Rehabilitación

Mejoramiento funcional o estructural del pavimento, que da lugar tanto a una extensión de su vida de servicio, como a la provisión de una superficie de rodamiento más cómoda y segura y a reducciones en los costos de operación vehicular.

### Reciclaje

Se entiende por reciclaje a la operación de transformar materiales residuales en materia prima, a fin de prolongar su vida útil.

  
  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544

	AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO	Código: INF-01-PF/R.A.P-2023
	<b>INFORME PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS R.A.P</b>	Página: 2 de 18

## MARCO CONCEPTUAL

En esta sección se presentan las definiciones y conceptos claves acerca del pavimento asfáltico reciclado.

### Asfalto

El asfalto es un material viscoso, que usualmente se utiliza como cementante en mezclas de concreto asfáltico, cuyo principal uso es en la construcción de pavimentos flexibles.

### Mezcla asfáltica

Es una mezcla en proporciones exactas de asfalto (ligante hidrocarbonato), y materiales minerales compuestos por diferentes tamaños de áridos finos y gruesos.

### Agregados pétreos

Son materiales sólidos e inertes (piedra chancada y arena) que deben cumplir con una granulometría específica dependiendo de la NORMA TÉCNICA PERUANA. Se emplean para la construcción de productos artificiales mediante su mezcla con ligantes de activación hidráulica tales como cementos, cales o con ligantes asfálticos para el caso de una construcción de carretera.

### Pavimento asfáltico

El pavimento asfáltico es el tipo de pavimento de mayor uso alrededor del planeta; siendo que este tiene usos desde residenciales, portuarios, aeroportuarios y autopistas, en general. Su elaboración y composición depende de factores como: clima, tráfico, materiales a disposición y su distancia, así como su ubicación geográfica.

### Pavimento flexible

Constituidos por varias capas, que permiten una distribución de esfuerzos, inducidos por el tránsito, hasta el terreno natural sin que estas sufran deformaciones. Estructuralmente sus capas se colocan en orden descendente, de acuerdo con su capacidad de carga, las cuales son: Carpeta asfáltica, base, subbase y subrasante.

### Rehabilitación

Mejoramiento funcional o estructural del pavimento, que da lugar tanto a una extensión de su vida de servicio, como a la provisión de una superficie de rodamiento más cómoda y segura y a reducciones en los costos de operación vehicular.

### Reciclaje

Se entiende por reciclaje a la operación de transformar materiales residuales en materia prima, a fin de prolongar su vida útil.

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544

	AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO	Código: INF-01-PF/R.A.P-2023
	<b>INFORME PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS R.A.P</b>	Página: 4 de 18

### **Ductilidad**

Es la capacidad del asfalto a sufrir alargamientos, estos alargamientos se miden antes de producirse la rotura de la probeta de material asfáltico, la cual es estirada por ambos extremos con una velocidad constante, el asfalto al estar sometido a variaciones de temperatura es necesario que tenga una ductilidad adecuada para alargarse sin presentar grietas, no es adecuado tampoco que se presente una ductilidad excesiva ya que existe el riesgo de la aparición de ondulaciones por efecto de las cargas del tráfico.

### **Punto de ablandamiento**

Se define como el cambio gradual en la consistencia del asfalto por la variación de temperatura aplicada a la muestra, hasta alcanzar un punto de fluidez o consistencia determinada, para determinar esta propiedad se emplea el ensayo del anillo y bola.

### **Durabilidad**

Se define como la magnitud de conservación de las características iniciales de un asfalto, cuando este es expuesto a procesos de degradación y envejecimiento. Para determinar la durabilidad se realizan pruebas rutinarias en base a la comparación de parámetros reológicos del asfalto, estas son la Prueba de Película Delgada en Horno (TFOT) o la Prueba de Película Delgada en Horno Rotatorio (RTFO).

### **Susceptibilidad a la temperatura**

Esta define la variación que existe en la consistencia del asfalto ante la presencia de cambios de temperatura, la temperatura influye en la viscosidad del asfalto, ya que al elevarse la temperatura la viscosidad disminuye, y al disminuir la temperatura el asfalto es más viscoso o duro, por tanto, el asfalto es un material termoplástico.

### **Granulometría de los agregados extraídos de las mezclas asfálticas**

Los resultados del ensayo permiten la conformidad de la granulometría con la especificación aplicable y suministra datos útiles para el control de la producción de los diferentes agregados usados en la fabricación de mezclas asfálticas.

### **Mezcla asfáltica**

La mezcla asfáltica es una mezcla en proporciones exactas de asfalto (ligante hidrocarbonato), y materiales minerales compuestos por diferentes tamaños de áridos y finos. Mientras las capas granulares resisten la acción del tráfico, la función de la mezcla asfáltica es resistir los efectos abrasivos, impermeabilizar la superficie y proporcionar una capa de rodadura cómoda y segura a los usuarios que la utilicen. Estas mezclas garantizan resistencia al tráfico demandante, impermeabilidad para que el agua no desestabilice la estructura vial, y debe ser trabajable para que sea factible su instalación en obra.

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544

	AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO	Código: INF-01-PF/R.A.P-2023
	<b>INFORME PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS R.A.P</b>	Página: 4 de 18

### **Ductilidad**

Es la capacidad del asfalto a sufrir alargamientos, estos alargamientos se miden antes de producirse la rotura de la probeta de material asfáltico, la cual es estirada por ambos extremos con una velocidad constante, el asfalto al estar sometido a variaciones de temperatura es necesario que tenga una ductilidad adecuada para alargarse sin presentar grietas, no es adecuado tampoco que se presente una ductilidad excesiva ya que existe el riesgo de la aparición de ondulaciones por efecto de las cargas del tráfico.

### **Punto de ablandamiento**

Se define como el cambio gradual en la consistencia del asfalto por la variación de temperatura aplicada a la muestra, hasta alcanzar un punto de fluidez o consistencia determinada, para determinar esta propiedad se emplea el ensayo del anillo y bola.

### **Durabilidad**

Se define como la magnitud de conservación de las características iniciales de un asfalto, cuando este es expuesto a procesos de degradación y envejecimiento. Para determinar la durabilidad se realizan pruebas rutinarias en base a la comparación de parámetros reológicos del asfalto, estas son la Prueba de Película Delgada en Horno (TFOT) o la Prueba de Película Delgada en Horno Rotatorio (RTFO).

### **Susceptibilidad a la temperatura**

Esta define la variación que existe en la consistencia del asfalto ante la presencia de cambios de temperatura, la temperatura influye en la viscosidad del asfalto, ya que al elevarse la temperatura la viscosidad disminuye, y al disminuir la temperatura el asfalto es más viscoso o duro, por tanto, el asfalto es un material termoplástico.

### **Granulometría de los agregados extraídos de las mezclas asfálticas**

Los resultados del ensayo permiten la conformidad de la granulometría con la especificación aplicable y suministra datos útiles para el control de la producción de los diferentes agregados usados en la fabricación de mezclas asfálticas.

### **Mezcla asfáltica**

La mezcla asfáltica es una mezcla en proporciones exactas de asfalto (ligante hidrocarbonato), y materiales minerales compuestos por diferentes tamaños de áridos y finos. Mientras las capas granulares resisten la acción del tráfico, la función de la mezcla asfáltica es resistir los efectos abrasivos, impermeabilizar la superficie y proporcionar una capa de rodadura cómoda y segura a los usuarios que la utilicen. Estas mezclas garantizan resistencia al tráfico demandante, impermeabilidad para que el agua no desestabilice la estructura vial, y debe ser trabajable para que sea factible su instalación en obra.

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544

	AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO	Código: INF-01-PF/R.A.P-2023
	<b>INFORME PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS R.A.P</b>	Página: 6 de 18

de base, etc.). Pueden existir grandes diferencias entre mezclas asfálticas en lo que respecta a la calidad del agregado, tamaño y consistencia. El RAP puede tener un contenido de asfalto típicamente en el rango de 2% a 6% por peso. El asfalto adherido al agregado es más rígido que el asfalto virgen debido a la oxidación y el envejecimiento del pavimento.

El hecho de que un pavimento se encuentre en mal estado no significa que no sirva, siempre y cuando se realice un tratamiento, este pavimento envejecido puede adquirir características semejantes a un pavimento nuevo.

#### **Métodos y técnicas de reciclaje del pavimento asfáltico**

Mediante el reciclado se busca transformar el pavimento degradado en una estructura con calidad y capacidad homogénea, que cuente con las características de soportar cargas como al inicio de su construcción. Las técnicas y metodologías que se han desarrollado para el reciclaje de pavimentos obedecen, a un desarrollo básico de conceptos empíricos y a comprobaciones de campo las cuales tienen que ser experimentadas directamente durante el proceso de ejecución.

Los métodos utilizados en los procesos de reciclaje de pavimento asfáltico pueden variar según la temperatura, (en frío o caliente), si son reciclajes in situ o en planta, por fresado o por escarificación, según las capas o profundidades recicladas, entre otros. Estos determinan el proseguir de cada método obteniendo de diferentes formas el material deseado.

#### **Reciclado en caliente**

Se define como la recuperación de capas bituminosas de firmes dañados o de mezclas nuevas que no han sido utilizados, su ejecución consiste en retirar el pavimento envejecido mediante un fresado o demolición, posteriormente se procesa el material mezclándolo con proporciones adecuadas de áridos vírgenes, betún nuevo y agentes rejuvenecedores.

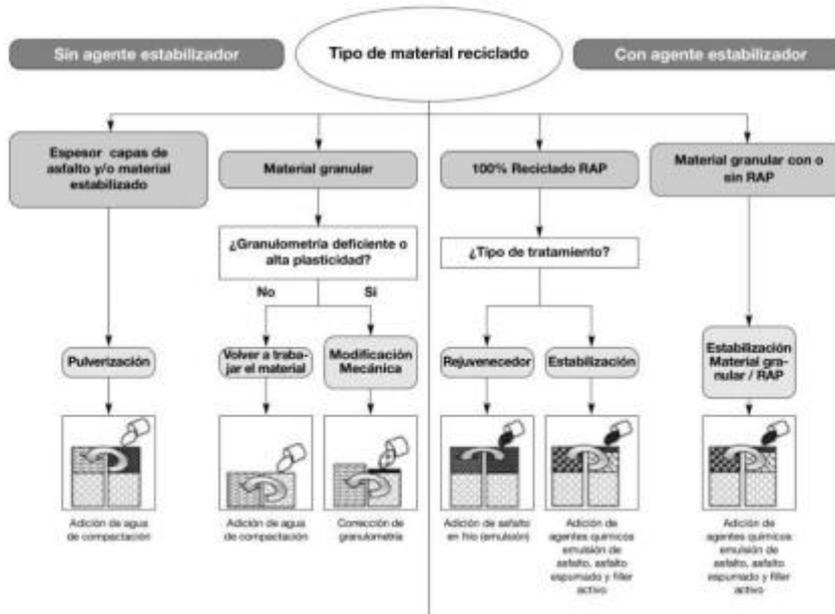
#### **Reciclado en frío**

Es el reciclado del pavimento asfáltico sin la aplicación de calor sobre la estructura, esta técnica emplea equipos mecánicos como camiones cisterna, fresadora, unidades de trituración y cribado, mezcladoras, pavimentadoras y rodillos.

El reciclado en frío depende directamente del tipo de material reciclado y de acuerdo con ello se puede considerar el tipo de tratamiento a utilizarse.

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544

### Reciclado en Frío



### Reciclado en planta (Caliente o frío)

Una vez extraído el material de las carreteras o pistas, se procede a transportarlo a las plantas de tratamiento en donde se realizará un proceso de trituración para homogeneizar el material, mezclándolo ya sea en caliente con materiales pétreos vírgenes y betún o en centrales de mezclas en frío, obteniendo así la mezcla bituminosa compuesta de material reciclado que puede ser llevada a la zona donde se pretende colocar la mezcla.

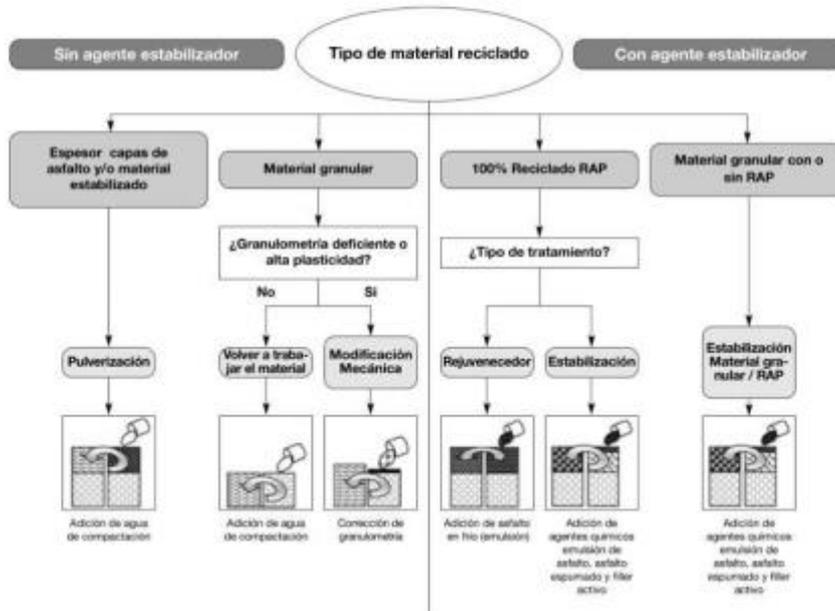


**GMC S.A.C.**

*Ingeniero*

**Ing. Jasmani Valenzuela Crisóstomo**  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544

### Reciclado en Frío



### Reciclado en planta (Caliente o frío)

Una vez extraído el material de las carreteras o pistas, se procede a transportarlo a las plantas de tratamiento en donde se realizará un proceso de trituración para homogeneizar el material, mezclándolo ya sea en caliente con materiales pétreos vírgenes y betún o en centrales de mezclas en frío, obteniendo así la mezcla bituminosa compuesta de material reciclado que puede ser llevada a la zona donde se pretende colocar la mezcla.



**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544

	AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO	Código: INF-01-PF/R.A.P-2023
	<b>INFORME PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS R.A.P</b>	Página: 9 de 18

precisión. Posteriormente con el material obtenido se procede a retirarlo, tratarlo y reutilizarlo si es el caso.

El procedimiento consiste en utilizar la herramienta de escarificación mediante el avance de la herramienta de la maquinaria de forma paralela a la superficie del terreno la cual genera un área de corte con una profundidad mayor que el ancho de escarificación.

#### **Almacenamiento del pavimento asfáltico reciclado**

La correcta implementación de material de RAP dentro de la mezcla asfáltica implica el desarrollo de técnicas adecuadas para el almacenamiento y procesamiento del RAP, en busca de lograr un material más homogéneo. Debe considerarse que largos periodos de almacenamiento de material de RAP aceleran los procesos de oxidación debido a la exposición directa del aire, lo cual revela la necesidad de controlar el almacenamiento del material recuperado.

Además, reciclar el asfalto crea un ciclo de reutilización que optimiza el uso de los recursos naturales y permite mejorar la industria del pavimento asfáltico. Para la producción de mezclas asfálticas de calidad con altos contenidos de RAP, es necesario manejar adecuadas prácticas de gestión de materiales.

La construcción de vías por medio del pavimento reciclado brinda beneficios que mejoran los rendimientos, costos y preservación del medio ambiente. Esta práctica reduce el almacenamiento de los materiales fresados en botaderos autorizados y la utilización racional de los recursos naturales que deben ser explotados para extraer el material, es decir que habrá una disminución de la explotación de canteras.

#### **MARCO LEGAL**

El pavimento asfáltico reciclado, dentro de la normatividad colombiana se encuentra en el artículo 435 de las normas y especificaciones de la EG -2013 donde se establece parámetros de aceptación para este material fresado. Adicionalmente en la sección 437 se encuentran las especificaciones para el reciclaje de pavimento asfáltico estabilizados con emulsión asfáltica.

#### **Ensayos**

Los ensayos para determinar las propiedades físicas del asfalto se encuentran en las secciones 3 Y 4 del manual de ensayos de materiales.

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544

	<b>AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO</b>	<b>Código:</b> <b>INF-01-PF/R.A.P-2023</b>
	<b>INFORME PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS R.A.P</b>	<b>Página: 10 de 18</b>

<b>SECCION N° 3 BITUMENES .....</b>	<b>395</b>
MTC E 301 MUESTREO DE MATERIALES BITUMINOSOS .....	396
MTC E 302 SOLUBILIDAD DE MATERIALES ASFÁLTICOS EN TRICLOROETILENO .....	404
MTC E 303 PUNTOS DE INFLAMACION Y DE LLAMA (COPA ABIERTA) CLEVELAND .....	407
MTC E 304 PENETRACION DE LOS MATERIALES BITUMINOSOS .....	414
MTC E 305 FLOTACION PARA MATERIALES BITUMINOSOS (FLOAT TEST) .....	419
MTC E 306 DUCTILIDAD DE LOS MATERIALES BITUMINOSOS .....	422
MTC E 307 PUNTO DE ASLAMDAMIENTO DE MATERIALES BITUMINOSOS (ANILLO Y BOLA) .....	426
MTC E 308 VISCOSIDAD DEL ASFALTO CON EL METODO DEL VISCOSIMETRO CAPILAR DE VACIO .....	431
MTC E 309 VISCOSIDAD SAYBOLT FUROL DE ASFALTOS LIQUIDOS .....	437
MTC E 310 VISCOSIDAD CINEMATICA DE ASFALTOS .....	445
MTC E 311 PUNTO DE FRAGILIDAD FRAASS .....	457
MTC E 312 PUNTO DE INFLAMACION MEDIANTE LA COPA ABIERTA TAG .....	462
MTC E 313 DESTILACION DE ASFALTOS LIQUIDOS .....	468
MTC E 314 ENSAYO DE LA MANCHA (QUIENSIS) DE MATERIALES ASFÁLTICOS .....	474
MTC E 315 EFECTO DEL CALOR Y AIRE EN MATERIALES ASFÁLTICOS (ENSAYO DE HORNO DE PELICULA DELGADA-TFOT) .....	478
MTC E 316 EFECTO DEL CALOR Y AIRE EN UNA PELÍCULA DE ASFALTO EN MOVIMIENTO (ENSAYO DEL HORNO DE PELICULA DELGADA RODANTE - RTFOT) .....	482
MTC E 317 PESO ESPECIFICO ALQUITRANES (METODO DEL DESPLAZAMIENTO) .....	489
MTC E 318 PESO ESPECIFICO Y PESO UNITARIO DE MATERIALES BITUMINOSOS .....	491
MTC E 319 ESTABILIDAD AL ALMACENAMIENTO DE ASFALTOS MODIFICADOS .....	495
MTC E 320 RECUPERACION ELASTICA POR TORSION DE ASFALTOS MODIFICADOS .....	498

### APLICACIÓN Y USOS PRINCIPALES DEL MATERIAL ASFÁLTICO RECICLADO

El material asfáltico reciclado puede ser destinado para múltiples usos dependiendo de las condiciones en las que este se encuentra, las cuales se determinan y analizan mediante distintos ensayos de laboratorio, como lo pueden ser la granulometría del agregado, la gravedad específica, entre otros. La utilización de este surge como una alternativa sostenible, desde el punto de vista económico y ambiental, ya que su implementación disminuye la explotación de agregados pétreos y la extracción de materiales granulares de las diversas fuentes hídricas, además se necesita menos energía para producir un firme reciclado con respecto a la construcción de un pavimento convencional.

Dicho esto, con el pavimento asfáltico reciclado pueden construirse y diseñarse estructuras de pavimentos empleando materiales escarificados o fresados que con frecuencia se desecharían. Las principales aplicaciones del RAP se dan en la construcción y el mantenimiento de carreteras de la siguiente forma:

- **Material de relleno:** El RAP ha sido utilizado como relleno de construcción; no obstante, no se recomienda esta práctica puesto que se subestima el valor económico que puede aportar el mismo.
- **Agregado para base o subbase:** El agregado del material asfáltico reciclado es procesado para luego ser mezclado con diferentes materiales vírgenes, dando como resultado la obtención de una base o subbase granular para componer una estructura de pavimento.

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544

	AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO	Código: INF-01-PF/R.A.P-2023
	<b>INFORME PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS R.A.P</b>	Página: 11 de 18

- Agregado para bases estabilizadas: El agregado del material asfáltico reciclado es procesado y estabilizado con elementos que mejoran las condiciones físicas del mismo para luego ser compactado y nivelado con el fin de obtener una base con una gran capacidad mecánica.
- Mezcla asfáltica nueva: Esta nueva mezcla asfáltica puede obtenerse mediante los reciclados realizados en planta o in situ, como se ha descrito en los procedimientos anteriores.
- Adoquines: El material reciclado en pocas ocasiones ha sido destinado para crear bloques de asfalto como adoquines, aunque en algunos estudios anteriores se menciona que estos muchas veces presentaban problemas con la cohesión de las partículas, por lo que solo se recomienda emplearlos para vías con flujo bajo de vehículos.

### VENTAJAS DE LAS TÉCNICAS DE RECICLAJE DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO

El uso de las diversas técnicas de reciclado de pavimentos asfálticos implica primordialmente el aprovechamiento significativo de los numerosos materiales o recursos disponibles en una obra, además de múltiples beneficios que trae consigo su implementación. Por tal motivo, las principales ventajas de las técnicas de reciclaje del pavimento asfáltico son:

TÉCNICA DE RECICLAJE DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO	VENTAJAS
Reciclado en frío	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alta calidad estructural del pavimento.</li> <li>✓ Óptimo control de calidad en materiales, tales como, emisión y material granular.</li> <li>✓ Menor impacto ambiental, gracias al menor consumo energético debido a la no utilización de altas temperaturas ni material granular nuevo, evitando emisiones por transporte y por proceso de fabricación.</li> <li>✓ Eliminación temporal de fisuras reflejas y otras fallas en pavimento.</li> </ul>
Reciclado en caliente	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrige las deficiencias de origen superficial y estructural.</li> <li>✓ Elimina fisuras y fallas más delicadas en el pavimento flexible, por tanto, mejora la rugosidad y la resistencia al deslizamiento.</li> <li>✓ Mezcla asfáltica con mayor resistencia al agua e intemperismo.</li> <li>✓ Incremento de la capacidad resistente del pavimento.</li> </ul>
Reciclado en planta (Caliente o frío)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mejora la resistencia al deslizamiento.</li> <li>✓ Produce mezclas asfálticas de mejor calidad.</li> <li>✓ Se logra un control en la corrección de dosificaciones y calidad de los materiales.</li> <li>✓ El reciclado en frío puede ejecutarse con o sin aporte de áridos extra.</li> </ul>
Reciclado in situ	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Admite corregir las características de las mezclas asfálticas superficiales (6 a 7 cm) con deformaciones plásticas.</li> </ul> <p><b>Frío</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se requiere de menor energía por la funcionalidad de las maquinarias in-situ.</li> <li>✓ Reduce la producción de CO<sub>2</sub>.</li> <li>✓ Permite reciclar en mayores espesores de material.</li> </ul> <p><b>Caliente</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ No degrada significativamente los agregados pétreos.</li> <li>✓ Permite el flujo vehicular con mayor rapidez.</li> </ul>

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544

	AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO	Código: INF-01-PF/R.A.P-2023
	<b>INFORME PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS R.A.P</b>	Página: 11 de 18

- Agregado para bases estabilizadas: El agregado del material asfáltico reciclado es procesado y estabilizado con elementos que mejoran las condiciones físicas del mismo para luego ser compactado y nivelado con el fin de obtener una base con una gran capacidad mecánica.
- Mezcla asfáltica nueva: Esta nueva mezcla asfáltica puede obtenerse mediante los reciclados realizados en planta o in situ, como se ha descrito en los procedimientos anteriores.
- Adoquines: El material reciclado en pocas ocasiones ha sido destinado para crear bloques de asfalto como adoquines, aunque en algunos estudios anteriores se menciona que estos muchas veces presentaban problemas con la cohesión de las partículas, por lo que solo se recomienda emplearlos para vías con flujo bajo de vehículos.

### VENTAJAS DE LAS TÉCNICAS DE RECICLAJE DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO

El uso de las diversas técnicas de reciclado de pavimentos asfálticos implica primordialmente el aprovechamiento significativo de los numerosos materiales o recursos disponibles en una obra, además de múltiples beneficios que trae consigo su implementación. Por tal motivo, las principales ventajas de las técnicas de reciclaje del pavimento asfáltico son:

TÉCNICA DE RECICLAJE DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO	VENTAJAS
Reciclado en frío	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Alta calidad estructural del pavimento.</li> <li>✓ Óptimo control de calidad en materiales, tales como, emisión y material granular.</li> <li>✓ Menor impacto ambiental, gracias al menor consumo energético debido a la no utilización de altas temperaturas ni material granular nuevo, evitando emisiones por transporte y por proceso de fabricación.</li> <li>✓ Eliminación temporal de fisuras reflejas y otros fallos en pavimento.</li> </ul>
Reciclado en caliente	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Corrige las deficiencias de origen superficial y estructural.</li> <li>✓ Elimina fisuras y fallas más delicadas en el pavimento flexible, por tanto, mejora la rugosidad y la resistencia al deslizamiento.</li> <li>✓ Mezcla asfáltica con mayor resistencia al agua e intemperismo.</li> <li>✓ Incremento de la capacidad resistente del pavimento.</li> </ul>
Reciclado en planta (Caliente o frío)	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Mejora la resistencia al deslizamiento.</li> <li>✓ Produce mezclas asfálticas de mejor calidad.</li> <li>✓ Se logra un control en la corrección de dosificaciones y calidad de los materiales.</li> <li>✓ El reciclado en frío puede ejecutarse con o sin aporte de áridos extra.</li> </ul>
Reciclado in situ	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Admite corregir las características de las mezclas asfálticas superficiales (6 a 7 cm) con deformaciones plásticas.</li> <li><b>Frio</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Se requiere de menor energía por la funcionalidad de las maquinarias in-situ.</li> <li>✓ Reduce la producción de CO<sub>2</sub>.</li> <li>✓ Permite reciclar en mayores espesores de material.</li> </ul> </li> <li><b>Caliente</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ No degrada significativamente los agregados pétreos.</li> <li>✓ Permite el flujo vehicular con mayor rapidez.</li> </ul> </li> </ul>

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544

	AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO	Código: INF-01-PF/R.A.P-2023
	<b>INFORME PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS R.A.P</b>	Página: 13 de 18

### a) Agregados minerales

Los agregados pétreos empleados para la ejecución de mezcla bituminosa deberá poseer una naturaleza tal, que, al aplicarse una capa de material asfáltico, esta no se desprenda por la acción del agua y del tránsito, en caso de que esta circunstancia se produzca, será necesario añadir algún aditivo de comprobada eficacia para proporcionar una buena adhesividad.

Los agregados típicos incluyen arena, grava, piedra triturada, escoria, y polvo de roca. El agregado constituye entre el 90 y el 95 por ciento, en peso, y entre el 75 y el 85 por ciento, en volumen, de la mayoría de las estructuras de pavimento. El comportamiento de un pavimento se ve altamente influenciado por la selección apropiada del agregado, debido a que el agregado mismo proporciona la mayoría de las características de capacidad portante. (Instituto de Asfalto, 2001, p.36)

### Agregado grueso

Los agregados gruesos que se requieren para una mezcla asfáltica, de acuerdo a normatividad vigente, es el siguiente:

Tabla N°1: requerimiento de Agregado Grueso para MAC.

Ensayos	Norma		Requerimientos
	MTC	ASTM - AASHTO	
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	ASTM C-88	18% máx.
Abrasión los Ángeles	MTC E 207	ASTM C-131	40% máx.
Adherencia	MTC E 516	ASTM D 4664	95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	ASTM C - 88	35% min
Partículas Chatas y Alargadas (I)	-	ASTM D-4791	10% máx.
Caras Fracturadas	MTC E 210	(ASTM D 5821)	85 / 50
Salas Solubles Totales	MTC E 219	ASTM D 1888	0.5% máx.
Absorción	MTC E 206	ASTM C 118	1% max

Fuente: MANUAL DE CARRETERAS "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" EG-2013

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NORMA MTC E-204 (ASTM C-136)							
TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			ESPECIFIC. ASTM 3515 D-5	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA TAMAÑO MÁXIMO 3/4"
			retenido	acumulado	que pasa		
1 1/2"	38.100						Flote de lavado
1"	25.400						Peso de material sin lavar 19133.00 gr
3/4"	19.000				100.0		
1/2"	12.700	3052.0	16.0	56.0	84.0		
3/8"	9.525	5520.0	28.9	44.6	55.2		
N°4	4.750	9885.0	51.6	96.4	3.6		
N° 8	2.360	663.0	3.5	99.8	0.2		
N° 50	0.300		0.0	99.8	0.2		
N° 80	0.180						
N° 200	0.074	33.0	0.2	100.0	0.0		
+ 200	-	0.0	0.0	100.0			


  
**GMC S.A.C.**
  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo
   
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS
   
 CIP 259544



Tabla N°1.1: Resultado de Agregado Grueso para MAC.

Ensayos	Norma		Requerimientos	Resultado	Condición
	MTC	ASTM - AASHTO			
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	ASTM C-88	18% máx.	6.95	CUMPLE
Abrasion los Ángeles	MTC E 207	ASTM C-131	40% máx.	25.9	CUMPLE
Adherencia	MTC E 516	ASTM D 4664	95	96	CUMPLE
Índice de Durabilidad	MTC E 214	ASTM C - 88	35% mín.	54	CUMPLE
Partículas Chatas y Alargadas	-	ASTM D-4791	10% máx.	2.37	CUMPLE
Caras Fracturadas	MTC E 210	(ASTM D 5821)	85 / 50	49.6 / 37.9	CUMPLE
Sales Solubles Totales	MTC E 219	ASTM D 1888	0.5% máx.	0.05	CUMPLE
Absorción	MTC E 206	ASTM C 118	1% max	0.89	CUMPLE

### Agregado Fino

Los agregados Finos que se requieren para una mezcla asfáltica, de acuerdo a normatividad vigente, es el siguiente:

Tabla N°2: requerimiento de Agregado Fino para MAC.

Ensayos	Norma		Requerimiento
	MTC	ASTM/AASHTO	
Equivalente de Arena	MTC E 114	(AASHTO - 176)	60%
Anularidad del agregado fino	MTC E 222	-	30
Azul metileno	-	(AASHTO TP 57)	8 máx.
Índice de Plasticidad (Malla N° 40)	MTC E 111	ASTM D 4318	NP
Índice de Plasticidad (Malla N° 200)	MTC E 111	ASTM D 4318	4 máx.
Durabilidad (a Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	-
Índice de durabilidad	MTC E 214	-	35% mín.
Sales Solubles Totales	MTC E 219	ASTM D 1888	0.5 % máx.
Absorción			0.5 % máx.

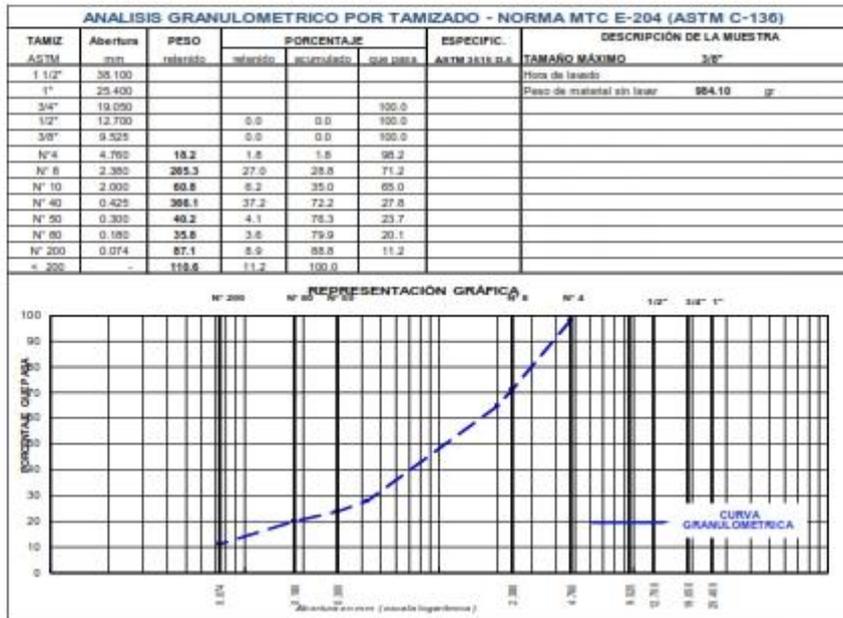
Fuente: MANUAL DE CARRETERAS "Especificaciones Técnicas Generales para Construcción" EG-2013



**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544

	AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO	Código: INF-01-PF/R.A.P-2023
	<b>INFORME PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS R.A.P</b>	Página: 15 de 18

Tabla N°2.1: Resultado De Agregado Fino para MAC.



Ensayos	Norma		Requerimiento	Resultado	Condición
	MTC	ASTM/AASHTO			
Equivalente de Arena	MTC E 114	(AASHTO - 176)	60%	77	CUMPLE
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	-	30	48.2	CUMPLE
Azul metileno	-	(AASHTO TP 57)	8 máx.	6.78	CUMPLE
Índice de Plasticidad (Malla N° 40)	MTC E III	ASTM D 4318	NP	NP	CUMPLE
Índice de Plasticidad (Malla N° 200)	MTC E III	ASTM D 4318	4 máx	NP	CUMPLE
Durabilidad (a Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	-	4.98	CUMPLE
Índice de durabilidad	MTC E 214	-	35% mín.	46	CUMPLE
Salas Solubles Totales	MTC E 219	ASTM D 1888	0.5 % máx.	0.13	CUMPLE
Absorción			0.5 % máx.	0.452	CUMPLE

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 259544

	AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO	Código: INF-01-PF/R.A.P-2023
	<b>INFORME PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS R.A.P</b>	Página: 16 de 18

## 2. RECICLAJE DE PAVIMENTO ASFÁLTICOS EN CALIENTE

Se entiende por "Reciclado de Pavimentos Asfálticos en Caliente" al proceso mediante el cual los materiales recuperados de capas asfálticas de pavimentos deteriorados o de mezclas nuevas que no han sido utilizadas por ser un excedente o por no haber cumplido con las especificaciones de proyecto, son mezclados con agregado virgen, asfalto nuevo y/o agentes rejuvenecedores, en las proporciones adecuadas, para producir nuevas mezclas en caliente que cumplan con los requerimientos de calidad, resistencia y durabilidad exigidos para el tipo de capa en que serán utilizados.

### 2.1. Presentación de resultados

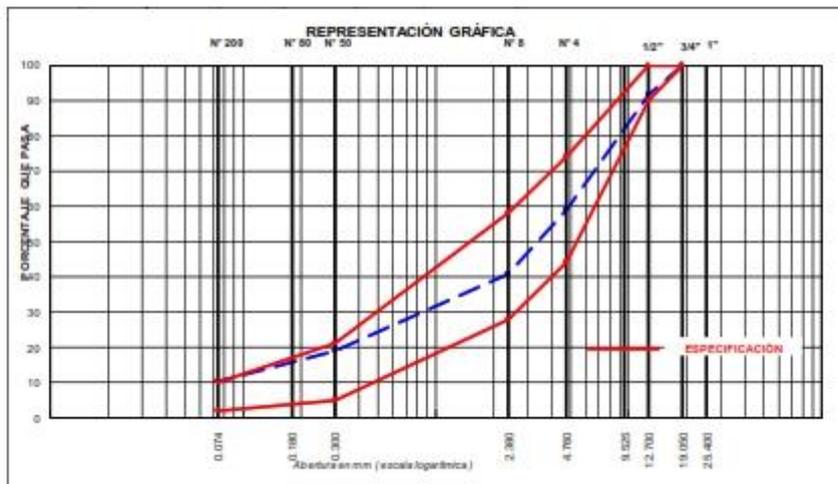
Los que se muestran a continuación provienen del plan de tesis titulada "AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO", presentada por el tesista YANCE PEREZ, ESTEFANI YESSANIA (2022); esto nos sirve para evaluar una nueva mezcla asfáltica con el 10%, 20% y 30% de pavimento asfáltico reciclado (RAP) y a su vez determinar el porcentaje de costo que se reduce al realizar la técnica de reciclaje en caliente y su reutilización

### 2.2. Contenido de Asfalto Extraído del RAP

El asfalto extraído que se tomó como muestra representativa es de 1274.8 gr. de pavimento asfáltico reciclado (RAP), nos da como resultado un total de 70.3 gr. que expresado en porcentaje representa el 5.51% de contenido de asfalto.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO - NORMA MTC E-204 (ASTM C-136)								
TAMIZ	Abertura	PESO	PORCENTAJE			ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
ASTM	mm	retenido	retenido	acumulado	que pasa	ASTM 3515 D-5	TAMAÑO MÁXIMO	3/4"
1 1/2"	38.100						Hora de lavado	
1"	25.400						Peso de material sin lavar	1274.80 gr
3/4"	19.050				100.0	100	Peso de material lavado	1204.50 gr
1/2"	12.700	162.1	8.5	8.5	91.5	90 - 100		
3/8"	9.525	126.7	10.5	19.0	81.0		Peso del asfalto	70.3 gr
Nº 4	4.750	285.2	22.0	41.0	59.0	44 - 74		
Nº 8	2.360	217.6	18.1	59.1	40.9	28 - 58		
Nº 50	0.300	264.6	22.0	81.1	18.9	5 - 21	Grava Triturada « 3/4"»	41.8 %
Nº 60	0.180						arena Triturada « 3/8"»	39.8 %
Nº 200	0.075	103.1	8.6	89.6	10.4	2 - 18	Contenido de asfalto	5.51 %
« 200	-	125.9	10.4	100.0			Relación Polvo - Asfalto	1.88 %

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmani Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544



### CONCLUSIONES

La implementación del pavimento asfáltico reciclado trae consigo diversos beneficios ambientales como la disminución de los procesos de explotación y trituración de agregados pétreos. Además, es una alternativa viable y económica, ya que su aplicación adecuada da como resultado una estructura perdurable, de alta calidad y de costos de producción y logística inferiores a los de un pavimento convencional. Impulsar el uso del material reciclado para el mejoramiento y restauración de la malla vial contribuye al desarrollo sostenible, cultural y económico del país.

En Perú la utilización del RAP es más común en la región costera, destacándose principalmente los departamentos de Ancachs, La Libertad, Lima; siendo la técnica de reciclaje en frío la más empleada.

El reciclaje in situ brinda mayores beneficios económicos que el reciclaje en planta, debido a que evita costos por el transporte, almacenamiento y reproducción del material asfáltico.

Las características físicas y mecánicas del material asfáltico reciclado que fueron analizadas en cada uno de los informes revisados dieron resultados satisfactorios, ya que cumplieron con las especificaciones y requisitos establecidos en la EG - 2013, demostrando que el material reciclado tiene las propiedades adecuadas para ser reutilizado en la rehabilitación y mejoramiento de las carreteras.

  
**GMC S.A.C.**  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 258544

	AGENTE REJUVENECEDOR DE ASFALTO Y SU INFLUENCIA EN LA CALIDAD DE LA MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA PARA BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO	Código: INF-01-PF/R.A.P-2023
	<b>INFORME PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS R.A.P</b>	Página: 18 de 18

El material reciclado puede ser destinado a diversos usos, dependiendo de las características y propiedades físicas y mecánicas previamente evaluadas. Aunque su utilización es más frecuente y eficiente en la conformación de bases y subbases granulares, ya que se ha demostrado que el material presenta un buen comportamiento y con la adición de nuevos materiales se garantiza la calidad de la vía.

La temperatura es uno de los factores que más influencia tiene sobre las mezclas asfálticas, por tal motivo, este agente debe ser analizado con precisión ya que puede afectar las propiedades físicas y mecánicas del asfalto, principalmente la estabilidad, viscosidad y densidad, lo cual puede generar una disminución en el periodo de vida útil de la estructura.

#### RECOMENDACIONES

Teniendo en cuenta la variabilidad y no homogenización que presenta el RAP, es recomendable que se realicen adecuadamente las caracterizaciones del material, a fin de estudiar y examinar que sus propiedades cumplan con los requisitos estipulados por la EG-2013, para dar garantía de su desempeño futuro y ejecutar a tiempo los ajustes que sean necesarios para lograr un óptimo funcionamiento durante la vida útil del material.

Al enfatizar en lo expuesto por la EG-2013, es oportuno decir que no se cuenta con información suficiente en lo que respecta a las técnicas de reciclaje y en general a todo lo relacionado con el pavimento asfáltico reciclado. Por tal motivo, se recomienda la realización y puesta en práctica de un manual específico para este tipo de técnica y de tal manera ahondar en esta importante temática ya que su implementación trae consigo múltiples beneficios que pueden contribuir al desarrollo de una nación.

✓ Mantener una baja variabilidad del RAP es un factor de suma importancia, debido a que es un material recuperado de un pavimento que ya ha cumplido con su vida útil. Dicho esto, es recomendable llevar a cabo buenas prácticas en su almacenamiento, a fin de obtener un material un poco más homogéneo y aminorar la dispersión que pueda generarse en el comportamiento final de la mezcla en desarrollo.

Si bien es cierto que las propiedades físicas y reológicas del asfalto son fundamentales para lograr un buen diseño, construcción y por lo tanto un buen comportamiento de la estructura y los materiales que la constituyen, es recomendable que se ejecuten ensayos reológicos en el asfalto que compone el material reciclado, a fin de lograr establecer cual tipo de asfalto posibilita un aumento en el porcentaje de material reciclado en la estructura a desarrollar.

  
  
 Ing. Jasmari Valenzuela Crisostomo  
 ESPECIALISTA SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP. 259544

**Anexo N° 07: especificaciones técnicas del asfalto**



REPSOL

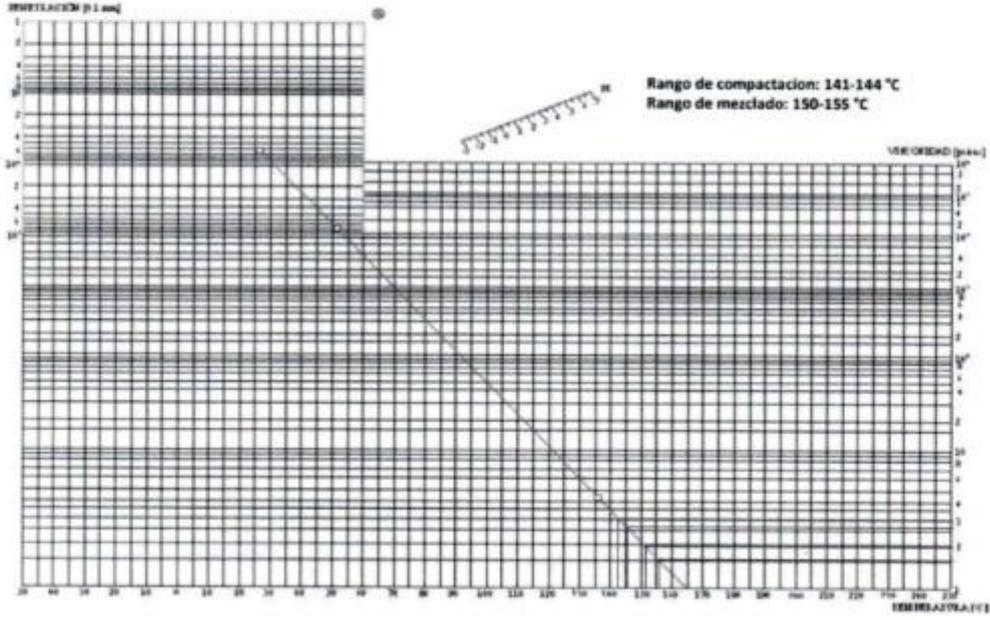
REPORTE DE ANÁLISIS DE CEMENTO ASFÁLTICO 60/70

LOTE No. 60/70-005-01-2022

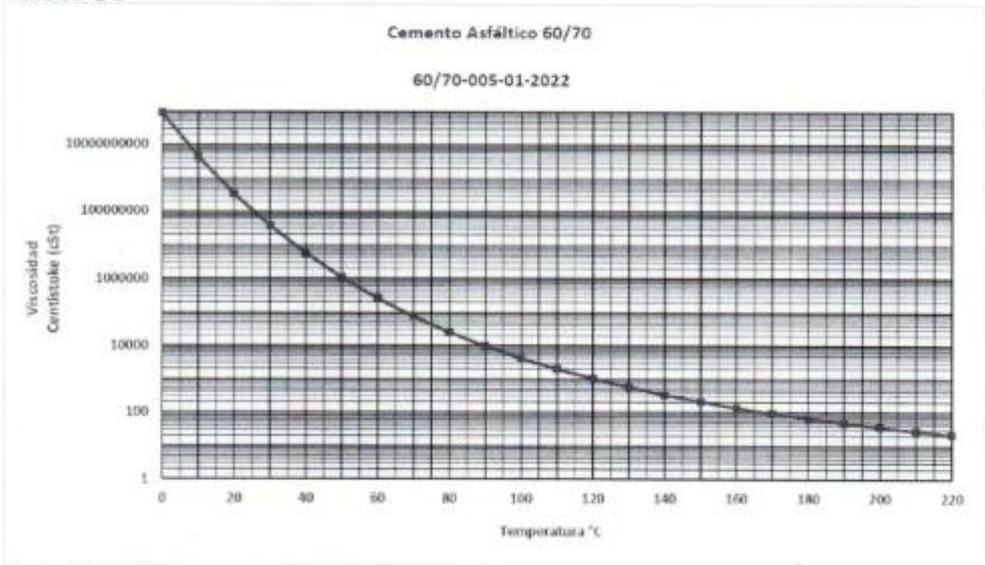
REFINERÍA LA PAMPILLA S.A.A Carretera a Ventanilla en 25 Km. Ventanilla	RECEPCIÓN DE LA MUESTRA 26/01/2022 01:43:25	FECHA DE CERTIFICACIÓN 26/01/2022 13:51:43
PRODUCTO Cemento Asfáltico 60/70	TANQUE 3336	DESTINO DE PRODUCTO Operaciones de Despacho
PROCEDENCIA Almacenamiento	VOLUMEN CERTIFICADO, m <sup>3</sup> 1956	BUQUE TANQUE
PROPIEDADES	MÉTODO	RESULTADO
	ASTM / OTROS	
<b>PENETRACIÓN</b>		
Penetración a 25 °C, 100 g, 5 s, 1/10 mm	D E1 / AASHTO T 49	85
<b>DUCTILIDAD</b>		
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51	> 150
<b>VOLATILIDAD</b>		
Gravedad Específica a 15.6 °C/15.6 °C	D 70 / AASHTO T 228	1.0221
Punto de Inflamación, °C	D 92 / AASHTO T 48	280.0
Gravedad API, °API	D 70 / AASHTO T 225	6.9
<b>FLUIDEZ</b>		
Punto de Abandono, °C	D 36	50.2
Viscosidad cinemática a 130°C, cSt	D 445	4117
Viscosidad cinemática a 130°C, cSt	D 2170 / AASHTO T 201	424
<b>ENSAYOS DE PELÍCULA FINA</b>		
Pérdida por Calentamiento, % m	D 1754 / AASHTO T 179	0.23
Penetración retenida, 100g, 5s, 1/10 mm, % del original	D 5 / AASHTO T 49	96.2
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51	94.0
<b> SOLUBILIDAD</b>		
Solubilidad en Tricloroetileno, % m	D 2942 / AASHTO T 44	99.96
<b>OTROS</b>		
Índice de Penetración	LINE-EN 12591	-0.5
Ensayo de la Mancha (Natta-Klens)	AASHTO T102	20% blanco, negativo
<b>OBSERVACIONES:</b> PRODUCTO CUMPLE CON LAS ESPECIFICACIONES ASTM D406, AASHTO M 25-70 Y NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 321.021		
DISTRIBUCIÓN - Operaciones de Despacho - TLT - Laboratorio	FECHA DE EMISIÓN  26/01/2022	LABORATORIO  Pedro Ramos M. Gerente de Laboratorio

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL

Cemento Asfáltico 60/70  
60/70-005-01-2022



Pedro Ramos M.  
Gerente de Laboratorio



Pedro Muñoz M.  
Gerente de Laboratorio



## LISTADO DE DESPACHOS

Ciente: REPSOL COMERCIAL S.A.C

Fecha y Hora: 28/01/2022 20:34

Fecha Inicial: 28/01/2022      Centro: FUNCIONES CORP. RELAPASAA      Producto: CA 60/70 PAMPILLA  
Fecha Final: 28/01/2022      Cisterna: A3Y-970

Producto	N° Nota Despacho	N° Orden Despacho	N° Atención	N° Pedido	N° Orden Entrega	Cisterna	API	T°	Factor	Gls. Observada	Gls. 60°
CA 60/70 PAMPILLA	00000003338854	1600963036	2600778816	1200725858	0017-1377359	A3Y-970	6.90	300.20	0.91624	8,170.00	7,502.00
<b>Total</b>										<b>8,170.00</b>	<b>7,502.00</b>

**ORDEN DE COMPRA**

N° AP: 01961-2022

Proveedor: Repsol Marketing SAC  
 Dirección: San Isidro  
 Atención: Silvia Salcedo / Carlos Pastor  
 Por favor sirvanse atender

Fecha	Cantidad	Unidad	Concepto	Forma de Pago
28 ENERO	8170	GLS.	PEN 60/70	Contado

**Descripción:**

Empresa Transportista:	ASFALTO PERU EIRL - RUC: 20555383101
Producto:	PEN 60/70
Cantidad:	<u>8170 AL CONTOMETRO</u>
Datos de la unidad:	T2J-854 / A3Y-970
Capacidad:	8580 GLS
Conductor:	VICTOR JESUS OCAÑA NUÑEZ
Brevele:	Q08173386
Fecha de despacho	<u>28 ENERO</u>
Instalación:	207473



Sue Helen Otárola  
Gerente General

**Anexo N° 08: especificaciones técnicas del aditivo**



[additives in road pavings]  
[Technical data sheet]



[www.greenpavetech.com](http://www.greenpavetech.com)

## ITERLENE ACF 1000 HP GREEN | REJUVENATOR FOR BITUMEN

### 1. APPLICATION

**ITERLENE ACF 1000 HP GREEN is a liquid additive free of high viscosity aromatic substances that allows to produce cold plastic asphalt concrete using 100% of RAP, for maintenance intervention, bike-lanes and local low-traffic roads. Compatible with colors.**

ITERLENE ACF 1000 HP GREEN is composed of different chemical components, anti-oxidative, plastifier, rejuvenator, moisturizer, diluent, and dispersant.

ITERLENE ACF 1000 HP GREEN it is not suitable for prolonged storage.

Production can be realized through traditional plant for asphalt concrete, small concrete mixers for minimal quantities or properly equipped plants for the production of cement mixes.

The product must be introduced after cold RAP directly in the mixer, manually or through dosing pump.



ITERLENE ACF 1000 HP GREEN

### 2. DOSAGE

The quantity of ITERLENE ACF 1000 HP GREEN to be used should be equal to 2.0% - 2.5% of the weight of RAP used. In case of high moisture content of RAP, add 1% of cement of RAP weight.

### 3. COMPOSITION

Hydrocarbon binder enriched with plastifiers and vegetable oils

Green Pave Technology Inc.  
1600 Providence Hwy  
Walpole, MA 02081

  
GREEN PAVE TECHNOLOGY

Email: [info@greenpavetech.com](mailto:info@greenpavetech.com)  
Phone: (888) 359-7310  
Web: [www.greenpavetech.com](http://www.greenpavetech.com)



#### 4. PHYSICAL PROPERTIES

Aspect	fluid substance
Color	Brown
Density at 70°F (20°C)	0,94 ± 0,02 g/cm <sup>3</sup>
Viscosity at 80°F (25°C)	400-500 cP
Flashpoint	>300°F (150°C)
Pour point	< 23°F (-5°C)

#### 5. STORAGE

Away from heat sources and sheltered from weather conditions.

#### 6. PACKAGE

In 440 lbs (200kg) drums or in 2100 lbs (950kg) IBC totes.

#### 7. SAFETY PRECAUTIONS

See the product's MSDS.

REV 00-17



**BREM S.A.C.**  
Environmental Solutions

**BREM ENVIRONMENTAL SOLUTIONS S.A.C.**  
Av. Parque de las Leyendas N° 210 Torre A- Oficina 501, Urbanización Pando  
San Miguel - Lima - Lima  
Of: 379 2584 / RPM # 971 354 248  
E-mail: achavez@brem.com.pe  
www.brem.com.pe

R.U.C. 20550553431

GUIA DE REMISIÓN - REMITENTE

001

Nº 001177

FECHA DE EMISIÓN: 09/01/2022 FECHA DE INICIO DE TRASLADO 09/01/2022

DOMICILIO DE PARTIDA				DOMICILIO DE LLEGADA			
VIA TIPO: N° 125-404	VIA NOMBRE: -	ZONA: Prov. Costa Rica	INTERIOR: -	VIA TIPO: N° 12 c 41 26	VIA NOMBRE: -	ZONA: Cdad. San Clemente	INTERIOR: -
DISTRITO: Callao	PROVINCIA: Callao	DEP.: Callao		DISTRITO: ATE	PROVINCIA: Lima	DEP.: LMA	

DESTINATARIO		UNIDAD DE TRANSPORTE / CONDUCCION	
Nombre / Denominación / Razón Social: COMERCIALIZADORA JONCA S.A.C.	R.U.C.: 20604714291	VEHICULO MARCA Y PLACA N°:	CERTIFICADO INSCRIPCIÓN N°:
TIPO Y N° DE DOCUMENTO DE IDENTIDAD:	TELF.:	LICENCIA DE CONDUCIR N°:	

COD	DESCRIPCION	UNIDAD DE MED	CANTIDAD	PESO	COSTO MINIMO DEL TRASLADO
02	Aditivo multiproposito para asfalto Zyconterm <sup>®</sup>	Kg	3	60 Kg	
					
Presentación: Garrafas de 20 Kg c/c					

TRANSPORTISTA	MOTIVO DEL TRASLADO	CONFIRMACIÓN
Nombre / Razón Social: _____ N° R.U.C.: _____	<input checked="" type="checkbox"/> 1. Venta <input type="checkbox"/> 2. Venta a grata o Confianza <input type="checkbox"/> 3. Compra <input type="checkbox"/> 4. Compraventa <input type="checkbox"/> 5. Donación <input type="checkbox"/> 6. Tránsito desde establecimiento de una misma empresa <input type="checkbox"/> 7. Tránsito por valor declarado en comprobantes de pago <input type="checkbox"/> 8. Tránsito para Transmigración	<input type="checkbox"/> 9. Recipiente inutilizado <input type="checkbox"/> 10. Desecho Privado <input type="checkbox"/> 11. Inaprovechable <input type="checkbox"/> 12. Superfluo <input type="checkbox"/> 13. Otros <input type="checkbox"/> 14. Explotación <input type="checkbox"/> 15. Desmantelamiento
TIPO: _____ N°: _____	<p>g. BREM Environmental Solutions S.A.C.</p> <p>Conformidad del Cliente</p> <p>Sr. (a) (s): _____</p> <p>DESTINATARIO</p>	

HUAYLINES VASQUEZ PAOLA D. R.U.C. 10438615917 SERIE 001 DEL 501 AL 1500 AUT. 13324294023 F.L. 13/02/2018  
PEDIDOS 996388333  
Ricardo Rodriguez

**QUALITY CERTIFICATE**

ZYDEX INDUSTRIES PVT.LTD. Certifies compliance with product quality:

BITUMEN ADDITIVE **ZYCOTHERM** MADE OF ORGANO SILANES, GIVES CHEMICAL BONDING FOR EXTENDED MOISTURE RESISTANCE, ENABLES 100% COATING OF BITUMEN ON AGGREGATES AND ALLOWS WIDER TEMPERATURE ZONE FOR COMPACTION, RESULTING IN A PAVENT WITH EXTENDED LIFE CYCLE.

OUR PRODUCT ZYCOTHRM WAS DELIVERED TO

COMPANY NAME: M/S **BREM ENVIRONMENTAL SOLUTION SAC**

RUC: 20550553431

ADDRESS: Av. PARQUE DE LAS LEYENDAS NO. 258, OFICINA 301, TORRE A – SAN, MIGUEL,  
LIMA # PERU.402. Peru.

PRODUCT NAME	:	ZYCOTHERM
BATCH NO	:	ZT2T210018
DATE OF MANUFACTURING	:	04 <sup>th</sup> JUN 2021
DATE OF EXPIRY	:	04 YEARS OF MANUFACTURING
BATCH NO	:	ZT2T210020
DATE OF MANUFACTURING	:	09 <sup>th</sup> JUN 2021
DATE OF EXPIRY	:	04 YEARS OF MANUFACTURING



+91 265 3312000



info@zydexindustries.com



www.zydexindustries.com

**Anexo N° 09: panel fotográfico**



Fotografía 1. Mezcla de los componentes del asfalto patrón.



Fotografía 2. Mezcla de los componentes del asfalto con 20 % de RAP y dosificaciones de agente rejuvenecedor de 4 %, 5 % y 6 %.



Fotografía 3. Mezcla de los componentes del asfalto con 25 % de RAP y dosificaciones de agente rejuvenecedor de 4 %, 5 % y 6 %.



Fotografía 4. Mezcla de los componentes del asfalto con 30 % de RAP y dosificaciones de agente rejuvenecedor de 4 %, 5 % y 6 %.



Fotografía 5. Preparación del agente rejuvenecedor.



Fotografía 6. Vista de las muestras de asfalto patrón.



Fotografía 7. Vista de las muestras de asfalto modificado con 20 % RAP y agente rejuvenecedor en proporciones de 4 %, 5 % y 6 %.



Fotografía 8. Vista de las muestras de asfalto modificado con 25 % RAP y agente rejuvenecedor en proporciones de 4 %, 5 % y 6 %.



Fotografía 9. Vista de las muestras de asfalto modificado con 30 % RAP y agente rejuvenecedor en proporciones de 4 %, 5 % y 6 %.



Fotografía 10. Vista del ensayo de Marshall, de las muestras de asfalto patrón.



Fotografía 11. Vista del ensayo de Marshall, de las muestras de asfalto con 20 % de RAP y agente rejuvenecedor.



Fotografía 12. Vista del ensayo de Marshall, de las muestras de asfalto con 25 % de RAP y agente rejuvenecedor.



Fotografía 13. Vista del ensayo de Marshall, de las muestras de asfalto con 30 % de RAP y agente rejuvenecedor.