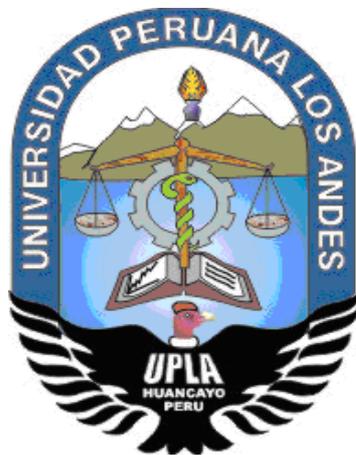


**UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**TESIS**

**COMPORTAMIENTO FISICO-MECÁNICO DE  
MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL  
DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE  
SATIPO**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. REYES TACZA GUSTAVO**

**Líneas de Investigación Institucional: Transporte y Urbanismo**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**HUANCAYO – PERÚ**

**2020**

**ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO**  
**ASESOR**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta tesis a Dios por darme siempre las fuerzas para continuar en lo adverso y vencer los obstáculos, por guiarme en el sendero de lo sensato y darme sabiduría en las situaciones difíciles y las bendiciones que día a día me da. A mi familia, por su ayuda, comprensión y estímulo constante a lo largo de todos estos años y lograr escalar y conquistar este peldaño más en la vida.

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por su amparo durante todo el trayecto y darme fortaleza para superar las pruebas que se manifestaron en mi vida.

A mis padres, que con sus convicciones me han instruido a no rendirme y siempre perdurar a través de sus sabios consejos.

A mis amigos, con todos los que compartí en las aulas, gracias por su apoyo.

## HOJA DE CONFORMIDAD DE LOS JURADOS

---

**DR. CASIO AURELIO TORRES LOPEZ**  
**PRESIDENTE**

---

**PH.D. MOHAMED MEHDI HADI MOHAMED**  
**JURADO**

---

**MSC. JULIO CESAR LLALLICO COLCA**  
**JURADO**

---

**ING. CARLOS GERARDO FLORES ESPINOZA**  
**JURADO**

---

Mg. MIGUEL ANGEL, CARLOS CANALES  
SECRETARIO DOCENTE

ÍNDICE

ÍNDICE .....	VI
ÍNDICE DE FIGURAS .....	IX
ÍNDICE DE GRAFICOS .....	X
ÍNDICE DE TABLAS .....	XI
RESUMEN .....	XIV
ABSTRAT .....	XV
INTRODUCCIÓN .....	XVI
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Planteamiento del problema .....	1
1.2. Formulación del problema de investigación .....	3
1.2.1. Problema general.....	3
1.2.2. Problemas específicos .....	3
1.3. Justificación de la Investigación .....	3
1.3.1. Justificación práctica o social.....	3
1.3.2. Justificación teórica .....	4
1.3.3. Justificación metodológica.....	4
1.4. Delimitación de la Investigación .....	5
1.4.1. Delimitación espacial .....	5
1.4.2. Delimitación temporal .....	7
1.4.3. Delimitación económica.....	7
1.5. Limitaciones .....	7
1.6. Objetivos .....	7
1.6.1. Objetivo general.....	7

1.6.2. Objetivos específicos .....	7
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>9</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>9</b>
2.1. Antecedentes .....	9
2.2. Marco conceptual .....	17
2.2.1. Pavimento flexible .....	17
2.2.2. Carpeta asfáltica .....	17
2.2.3. Cemento asfáltico .....	20
2.2.4. Cemento Asfáltico PEN 60/70 .....	21
2.2.5. Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente .....	23
2.2.6. Método Marshall .....	34
2.2.7. Resistencia al daño inducido por efectos de humedad .....	39
2.3. Definición de términos básicos .....	40
2.4. Hipótesis.....	42
2.4.1. Hipótesis General .....	42
2.4.2. Hipótesis Específicas .....	42
2.5. Variables.....	43
2.5.1. Definición conceptual de las variables .....	43
2.5.2. Definición operacional de las variables.....	44
2.5.3. Operacionalización de las Variables.....	44
<b>CAPÍTULO III.....</b>	<b>46</b>
<b>METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>46</b>
3.1. Método de la investigación.....	46
3.2. Tipo de investigación .....	46
3.3. Nivel de la investigación .....	47
3.4. Diseño de investigación.....	47
3.5. Población y muestra.....	47
3.5.1. Población.....	47
3.5.2. Muestra. ....	48

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	48
3.7. Procesamiento de la información .....	48
3.8. Técnicas y análisis de datos .....	49
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>50</b>
<b>RESULTADOS .....</b>	<b>50</b>
4.1. Presentación de resultados .....	50
4.1.1. Diseño Marshall .....	50
4.1.2. Ensayos complementarios .....	60
4.1.3. Parámetros para el diseño .....	70
4.1.4. Producción de asfalto y evaluación estructural .....	79
<b>CAPÍTULO V .....</b>	<b>99</b>
<b>DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....</b>	<b>99</b>
5.1. Discusión de resultados .....	99
5.1.1. Diseño Marshall .....	99
5.1.2. Ensayos complementarios .....	101
5.1.3. Parámetros para el diseño .....	103
5.1.4. Producción de asfalto y evaluación estructural .....	104
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>106</b>
<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>108</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>109</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>111</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura N<sup>a</sup> 01: Localización del departamento .....</b>	<b>5</b>
<b>Figura N<sup>a</sup> 02: Localización de la provincia.....</b>	<b>6</b>
<b>Figura N<sup>a</sup> 03: Ubicación de la localidad de Unión Ccano .....</b>	<b>6</b>
<b>Figura N<sup>o</sup> 04: Punto de ensayo deflectométrico para cada capa del pavimento (sección típica 1) .....</b>	<b>90</b>

## ÍNDICE DE GRAFICOS

<b>Grafico N° 01: Curva granulométrica (MAC 2).....</b>	<b>50</b>
<b>Grafica N° 02: Peso unitario y Vacíos llenados .....</b>	<b>54</b>
<b>Grafica N° 03: Vacíos de aire y VMA.....</b>	<b>55</b>
<b>Grafica N° 04: Estabilidad y flujo .....</b>	<b>55</b>
<b>Grafica N° 05: Rigidez.....</b>	<b>55</b>
<b>Grafica N° 06: Primer ensayo de índice de compatibilidad .....</b>	<b>59</b>
<b>Grafica N° 07: Segundo ensayo de índice de compatibilidad .....</b>	<b>60</b>
<b>Grafica N° 08: Tercer ensayo de índice de compatibilidad .....</b>	<b>61</b>
<b>Gráfico N° 09: Compactación variable .....</b>	<b>62</b>
<b>Gráfico N° 10: Ensayo Lottman.....</b>	<b>63</b>
<b>Gráfico N° 11: Granulometría L/D (MAC -2 ) .....</b>	<b>77</b>
<b>Gráfico N° 12: Granulometría lavado (1) .....</b>	<b>78</b>
<b>Gráfico N° 13: Granulometría lavado (2) .....</b>	<b>81</b>
<b>Gráfico N° 14: Granulometría L/I (MAC – 2) .....</b>	<b>83</b>
<b>Gráfico N° 15: Granulometría lavado (1) .....</b>	<b>85</b>
<b>Gráfico N° 16: Granulometría lavado (2) .....</b>	<b>87</b>
<b>Gráfico N° 17: Evaluación estructural nivel de carpeta asfáltica carril derecho .....</b>	<b>93</b>
<b>Gráfico N°18: Evaluación estructural nivel de carpeta asfáltica carril izquierdo .....</b>	<b>94</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N<sup>a</sup> 01: Mezclas asfáticas en caliente .....</b>	<b>21</b>
<b>Tabla N<sup>a</sup> 02: Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por penetración.....</b>	<b>22</b>
<b>Tabla N<sup>a</sup> 03: Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por viscosidad.....</b>	<b>23</b>
<b>Tabla N<sup>a</sup> 04: Causas y efectos de inestabilidad en el pavimento .....</b>	<b>24</b>
<b>Tabla N<sup>a</sup> 05: Causas y efectos de una poca durabilidad .....</b>	<b>29</b>
<b>Tabla N<sup>a</sup> 06: Causas y efectos de la permeabilidad .....</b>	<b>30</b>
<b>Tabla N<sup>a</sup> 07: Causas y efectos de problemas en la trabajabilidad.....</b>	<b>31</b>
<b>Tabla N<sup>a</sup> 08: Causas y efectos de una mala resistencia a la fatiga.....</b>	<b>32</b>
<b>Tabla N<sup>a</sup> 09: Causas y efectos de poca resistencia al deslizamiento.....</b>	<b>33</b>
<b>Tabla N<sup>a</sup> 10: Requerimientos para los agregados gruesos .....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla N<sup>a</sup> 11: Requerimientos para los agregados finos .....</b>	<b>35</b>
<b>Tabla N<sup>a</sup> 12: Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC) .....</b>	<b>36</b>
<b>Tabla N<sup>a</sup> 13: Especificaciones del cemento asfáltico por penetración .....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla N<sup>a</sup> 14: Parámetros para el diseño de MAC.....</b>	<b>37</b>
<b>Tabla N<sup>o</sup> 15: Operacionalización de variables e indicadores .....</b>	<b>43</b>
<b>Tabla N<sup>o</sup> 16: Combinacion teorico para el diseño .....</b>	<b>49</b>
<b>Tabla N<sup>o</sup> 17: Combinacion de agregados.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla N<sup>o</sup> 18: Requerimientos para los agregados.....</b>	<b>50</b>
<b>Tabla N<sup>o</sup> 19: Calculos Marshall con 4.5%, según las especificaciones.....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla N<sup>o</sup> 20: Calculos Marshall con 5%, según las especificaciones.....</b>	<b>51</b>
<b>Tabla N<sup>o</sup> 21: Calculos Marshall con 5.5%, según las especificaciones.....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla N<sup>o</sup> 22: Calculos Marshall con 6%, según las especificaciones.....</b>	<b>52</b>

<b>Tabla N° 23: Calculos Marshall con 6.5%, según las especificaciones.....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla N° 24: Densidad maxima teorica RICE de diseño .....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla N° 25: Optimo contenido de cemento asfaltico.....</b>	<b>54</b>
<b>Tabla N° 26: Primer ensayo Marshall con 5.8%, según las especificaciones .....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla N° 27: Segundo ensayo Marshall con 5.8%, según las especificaciones .....</b>	<b>56</b>
<b>Tabla N° 28: Tercer ensayo Marshall con 5.8%, según las especificaciones .....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla N° 29: Densidad maxima teorica RICE de diseño .....</b>	<b>57</b>
<b>Tabla N° 30: Primer ensayo de índice de compatibilidad .....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla N° 31: Segundo ensayo de índice de compatibilidad .....</b>	<b>59</b>
<b>Tabla N° 32: Tercer ensayo de índice de compatibilidad .....</b>	<b>60</b>
<b>Tabla N° 33: Ensayo de estabilidad retenida (24 horas) .....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla N° 34: Resultdo del ensayo adherencia .....</b>	<b>62</b>
<b>Tabla N° 35: Resultdo del ensayo lotman sin aditivo .....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla N° 36: Resultado de compactación variable.....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla N° 37: Resultdo del ensayo lotman con aditivo .....</b>	<b>64</b>
<b>Tabla N° 38: Resultdo del ensayo de inmersión – compresión .....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla N° 39: Valores de diseño de mezclas asfaltica en caliente .....</b>	<b>66</b>
<b>Tabla N° 40: Requerimientos para los agregados gruesos .....</b>	<b>68</b>
<b>Tabla N° 41: Requerimientos para los agregados finos .....</b>	<b>69</b>
<b>Tabla N° 42: Uso granulométrico.....</b>	<b>70</b>
<b>Tabla N° 43: Resumen de las propiedades del agregado grueso .....</b>	<b>71</b>
<b>Tabla N° 44: Requerimientos para los agregados finos (mezcla de arenas) .....</b>	<b>72</b>

<b>Tabla N° 45: Combinación física y teórica de agregados para la mezcla asfáltica.....</b>	<b>73</b>
<b>Tabla N° 46: Propiedades de la Mezcla Asfáltica en Caliente .....</b>	<b>74</b>
<b>Tabla N° 47: Resumen de las propiedades de la Mezclas Asfáltica, diseño MAC-2.....</b>	<b>74</b>
<b>Tabla N° 48: Resumen de los ensayos de afinidad entre agregados y bitumen. ....</b>	<b>75</b>
<b>Tabla N° 49: Granulometria de produccion de asfalto (L/D) .....</b>	<b>76</b>
<b>Tabla N° 50: Granulometría lavado (1) .....</b>	<b>77</b>
<b>Tabla N° 51: Calculo Marshall (1).....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla N° 52: Calculo RICE (1).....</b>	<b>79</b>
<b>Tabla N° 53: Granulometría lavado (2) .....</b>	<b>80</b>
<b>Tabla N° 54: Calculo Marshall (2).....</b>	<b>81</b>
<b>Tabla N° 55: Calculo RICE (2).....</b>	<b>82</b>
<b>Tabla N° 56: Granulometria de produccion de asfalto (L/I).....</b>	<b>82</b>
<b>Tabla N° 57: Granulometría lavado (1) .....</b>	<b>84</b>
<b>Tabla N° 58: Calculo Marshall (1).....</b>	<b>85</b>
<b>Tabla N° 59: Calculo RICE (1).....</b>	<b>86</b>
<b>Tabla N° 60: Granulometría lavado (2) .....</b>	<b>86</b>
<b>Tabla N° 61: Calculo Marshall (2).....</b>	<b>88</b>
<b>Tabla N° 62: Calculo RICE (2).....</b>	<b>88</b>
<b>Tabla N° 63: Deflexiones admisibles .....</b>	<b>89</b>
<b>Tabla N° 64: Descripción estadística carpeta asfáltica.....</b>	<b>91</b>
<b>Tabla N° 65: Comparación deflexión característica y deflexión admisible para el radio de curvatura .....</b>	<b>98</b>

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo general: Determinar el comportamiento físico-mecánico de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo, y la hipótesis general fue: Las mezclas asfálticas en caliente presentan resultados positivos el cual garantiza a través de sus propiedades físico – mecánico el buen comportamiento estructural frente a los esfuerzos producidos por cargas vehiculares y agentes meteorológicos.

En la evaluación del comportamiento físico-mecánico de las mezclas asfálticas con una combinación granulométrica de piedra chancada < 3/4" en 26.0%, arena chancada < 3/8" en 42.0%, arena zarandeada < 3/8" en 32.0% y para un cemento asfáltico PEN 60/70 en una dosificación óptima de 5.8%, y la aplicación de aditivo RICTOZ – Z, se obtuvo un mejoramiento en propiedades físicas-mecánicas como la adherencia, la estabilidad, resistencia, la deformación, deslizamiento, en la evaluación estructural se obtuvo una deflexión promedio para el carril derecho de  $37.5 \times 10^{-2}$  mm con un radio de curvatura de 162.5 m y para el carril izquierdo de  $37.7 \times 10^{-2}$  mm con un radio de curvatura de 164.3 m, cumpliendo los requerimientos establecidos de valores menores de  $40.0 \times 10^{-2}$  mm en ambos carriles, para un grado de confiabilidad al 95%, determinando así un buen comportamiento estructural del pavimento a las solicitaciones de carga que serán sometidas.

El método de estudio fue el científico, el tipo de investigación fue el aplicativo, de nivel de investigación descriptivo y de diseño no experimental. La población estuvo constituida por la carretera Mazamari – Pangoa - Cubantía que comprende 34+530 km, el tipo de muestro fue el no aleatorio o dirigido, y que para esta investigación se seleccionó el tramo que comprende del km 2+000 al km 3+000, siendo esta 1 km.

**PALABRAS CLAVES:** Mezcla Asfáltica, Cemento asfáltico, aditivo, evaluación estructural, comportamiento físico – mecánico.

## ABSTRAT

The present investigation had as general objective: To determine the physical-mechanical behavior of hot asphalt mixtures in the district of Mazamari, province of Satipo, and the general hypothesis was: Hot asphalt mixtures present positive results which guarantees through their properties physical-mechanical good structural behavior against the stresses produced by vehicular loads and meteorological agents.

In the evaluation of the physical-mechanical behavior of asphalt mixtures with a granulometric combination of crushed stone  $<3/4$  "in 26.0%, crushed sand  $<3/8$ " in 42.0%, shaken sand  $<3/8$  "in 32.0% and For a PEN 60/70 asphalt cement in an optimal dosage of 5.8%, and the application of the RICTOZ-Z additive, an improvement was obtained in physical-mechanical properties such as adherence, stability, resistance, deformation, sliding, in the Structural evaluation an average deflection was obtained for the right rail of  $37.5 \times 10^{-2}$  mm with a radius of curvature of 162.5 m and for the left rail of  $37.7 \times 10^{-2}$  mm with a radius of curvature of 164.3 m, meeting the established requirements with values less than  $40.0 \times 10^{-2}$  mm in both lanes, for a degree of reliability of 95%, thus determining a good structural behavior of the pavement to the load requirements that will be subjected.

The study method was scientific, the type of research was the applicative, descriptive research level and non-experimental design. The population was made up of the Mazamari - Pangoa - Cubantía highway that comprises 34 + 530 km, the type of sampling was non-random or directed, and that for this research the section that includes km 2 + 000 to km 3+ was selected 000, this being 1 km.

KEY WORDS: Asphalt Mix, Asphalt Cement, additive, structural evaluation, physical-mechanical behavior.

## INTRODUCCIÓN

La presente investigación se realizó durante la ejecución del proyecto “Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Mazamari – Pangoa – Cubantía”, ubicado en el departamento de Junín, provincia de Satipo y afecta a los distritos de Mazamari y Pangoa, contando con una longitud de 34+530 km, ejecutándose durante los años 2017, 2018 y 2019. Específicamente se realizó para el tramo que corresponde del km 2+000 al km 3+000.

Para los ensayos se utilizaron materiales de la cantera “Satipo” ubicada en el Acceso Puente Cashingari. El comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente y su control durante la construcción de la carretera se realiza teniéndose la permanente supervisión en los ensayos durante su proceso constructivo de la carretera, con el propósito de que se cumplan las especificaciones técnicas y los parámetros que establece el manual de carreteras, determinando la capacidad de soporte de las capas del pavimento y los requerimientos del diseño.

En la actualidad, a nivel mundial el método más utilizado es el método Marshall para poder desarrollar las correctas dosificaciones de un asfalto para la pavimentación, para ello se cuenta con una variedad de ensayos previos para la determinación de la resistencia físico-mecánicos de cada agregado que se utilizara para el diseño, con la finalidad de establecer las correctas proporciones desarrollando y garantizando la calidad de vida útil del pavimento a ejecutar.

Para la verificación del correcto diseño Marshall tendremos los ensayo de agregados, determinando sus características realizando comparaciones con los parámetros que nos dan el manual de carreteras para así poder tener los correctos desarrollos de los ensayos, posteriormente tendremos los controles durante la producción de asfalto teniendo ensayos para su verificación si

realmente cumplen con los diseños establecidos y si alcanzar las propiedades mecánicas que nos establece el manual de carreteras.

En la presente investigación se determinan el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas empleando los agregados de la cantera Satipo del distrito de Mazamari utilizando el método Marshall.

El desarrollo de la investigación se ha estructurado en 5 capítulos, que son los siguientes:

**CAPÍTULO I:** Se da una percepción de la realidad problemática, considerando, la justificación, las delimitaciones y la formulación de los objetivos.

**CAPÍTULO II:** Marco teórico, se describe el marco teórico de la investigación, en este acápite se fundamenta los antecedentes nacionales e internacionales, y también el marco conceptual que es la definición de términos.

**CAPÍTULO III:** La metodología, aquí se desarrolla el método de estudio, el tipo de estudio, nivel y diseño de estudio, la población y muestra, así como también las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

**EL CAPÍTULO IV:** Desarrollo de los resultados obtenidos en la investigación.

**EL CAPÍTULO V:** Presenta el análisis y discusión de resultados. Finalmente se presentan las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

Bach. Gustavo Reyes Tacza



## **CAPÍTULO I**

### **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **1.1. Planteamiento del problema**

Debido al crecimiento poblacional y la necesidad de rehabilitar y pavimentar carreteras con la finalidad de transportar los productos, mejorando la calidad de transporte se conlleva a realizar diversas carreteras, para ello se debe ejecutar carreteras que garanticen el cumplimiento de su calidad de vida sin presentar deterioros prematuros, debido a las deficiencias de las vías actuales se propone desarrollar el correcto diseño de asfalto y tener un estricto control en el proceso constructivo de los pavimentos para su óptimo desarrollo durante su periodo de vida.

En nuestro país existen diferentes vías que presentan deficiencias antes de cumplir su periodo de vida útil, y en la región Junín específicamente en el distrito de Mazamari, Provincia Satipo no es ajeno a este problema, ya que se ve constantes deterioros en las diferentes arterias principales para ello con la finalidad de mejorar la calidad, estos diseños de asfalto deben contar con ciertos parámetros de calidad verificadas conjuntamente con la supervisión de los ensayos para garantizar la calidad de esta.

Es común observar pavimentaciones flexibles deterioradas con poco tiempo de inauguración, el principal problema es el envejecimiento de los pavimentos debido a cambios en sus propiedades mecánicas, de igual manera la deformación debido a la falta de consistencia que aporta el asfalto a altas temperaturas, estas vías presentan deficiencias superficiales y estructurales, superficiales debido a que estos diseños Marshall no cumplieron los parámetros de calidad, muchas veces por la falta de supervisión durante el desarrollo del diseño de asfalto y durante la producción de esta, las deficiencias estructurales vistas por hundimiento, piel de cocodrilo, acolchonamiento, son deficiencias que se presentan por la falta de control durante el proceso constructivo ya que al colocar el asfalto en una sub rasante, sub base y base inestable provocan estos efectos deficientes, para ello presentamos la evaluación estructural con la Viga Benkelman en nuestro tramo de estudio para garantizar el correcto proceso constructivo y los adecuados ensayos para el pavimento flexible.

La presente investigación se refiere a evaluar el comportamiento físico - mecánico de Mezclas Asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo, para ellos se presentan los diseños de agregados y la variedad de diseños Marshall hasta llegar al óptimo diseño de asfalto, utilizando la cantera Satipo, para ello es necesario realizar la verificación del diseño Marshall durante su producción y así se podrá confirmar si el diseño cumple con los parámetros de calidad, estos ensayos se realizara constantemente, por cada día de producción, también tenemos los controles de colocación de asfalto. Una vez realizada la pavimentación se realizó el ensayo de deflexión mediante la Viga Benkelman, para su evaluación y posterior verificación si cumplen con los parámetros de comportamiento estructural que nos plantea el manual de carreteras.

## **1.2. Formulación del problema de investigación**

### **1.2.1. Problema general**

¿Cuál es el comportamiento físico - mecánico de mezclas asfálticas en caliente en el Distrito de Mazamari, Provincia de Satipo?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- a) ¿En qué medida varia el comportamiento de la Adherencia entre agregado - ligante de la mezcla asfáltica en caliente y su influencia sobre las propiedades físicas a diferentes dosificaciones de cemento asfaltico?
- b) ¿En qué medida varia la Estabilidad - Flujo y cuál es su influencia en las propiedades físico – mecánico de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo?
- c) ¿En qué medida varia la Resistencia Retenida (TSR) con la incorporación de aditivo RICOT - Z y cómo influye en el comportamiento de las propiedades físicas de mezclas asfálticas en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo?
- d) ¿De qué manera interviene la deflexión del pavimento en el análisis de las propiedades físico – mecánico de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia Satipo?

## **1.3. Justificación de la Investigación**

### **1.3.1. Justificación práctica o social**

Esta investigación se realiza con la finalidad de conocer cuál es el comportamiento físico-mecánico de mezclas asfálticas en caliente

de la carretera Mazamari – Pangoa – Cubantía, principalmente mediante los diseños de mezclas utilizando la cantera Satipo y ensayo de deflectometría, a través de ello se reflejará la condición estructural a nivel de carpeta asfáltica y los requerimientos de calidad que se especifican para los pavimentos.

Así mismo con la ejecución de este proyecto se benefició económicamente y socialmente a las poblaciones de los distritos de Mazamari y Pangoa, así como también a las comunidades nativas de la zona.

### **1.3.2. Justificación teórica**

Esta investigación asiste en evaluar y realizar en diseño de asfalto y así mismo su producción verificando el comportamiento físico - mecánico del diseño de mezclas, tomando en cuenta los criterios técnicos establecidos en el manual de carreteras y manual de ensayo de materiales. Principalmente se tomó en cuenta los procedimientos seguidos en el Diseño Marshall de Mezclas. El procedimiento completo y detallado que se debe ser seguido se encuentra en la norma AASHTO T 245 (o ASTM D1559).

### **1.3.3. Justificación metodológica**

Los resultados de esta investigación garantizan en buen comportamiento físico-mecánico de mezclas asfálticas en caliente con respecto a su diseño, sirviendo de aporte a las investigaciones futuras. De tal forma se incentivará su aplicación en futuras obras de iguales características, con el fin de aportar en la mejora de los diseños de mezclas y procesos constructivos de los pavimentos, apreciaciones válidas para proyectos similares y en escenarios diferentes.

## 1.4. Delimitación de la Investigación

### 1.4.1. Delimitación espacial

La presente investigación se realizó durante la ejecución del proyecto “Mejoramiento y Rehabilitación de la Carretera Mazamari – Pangoa – Cubantía” ubicado en el departamento de Junín, provincia de Satipo y afecta a los distritos de Mazamari y Pangoa, contando con una longitud de 34+530 km.

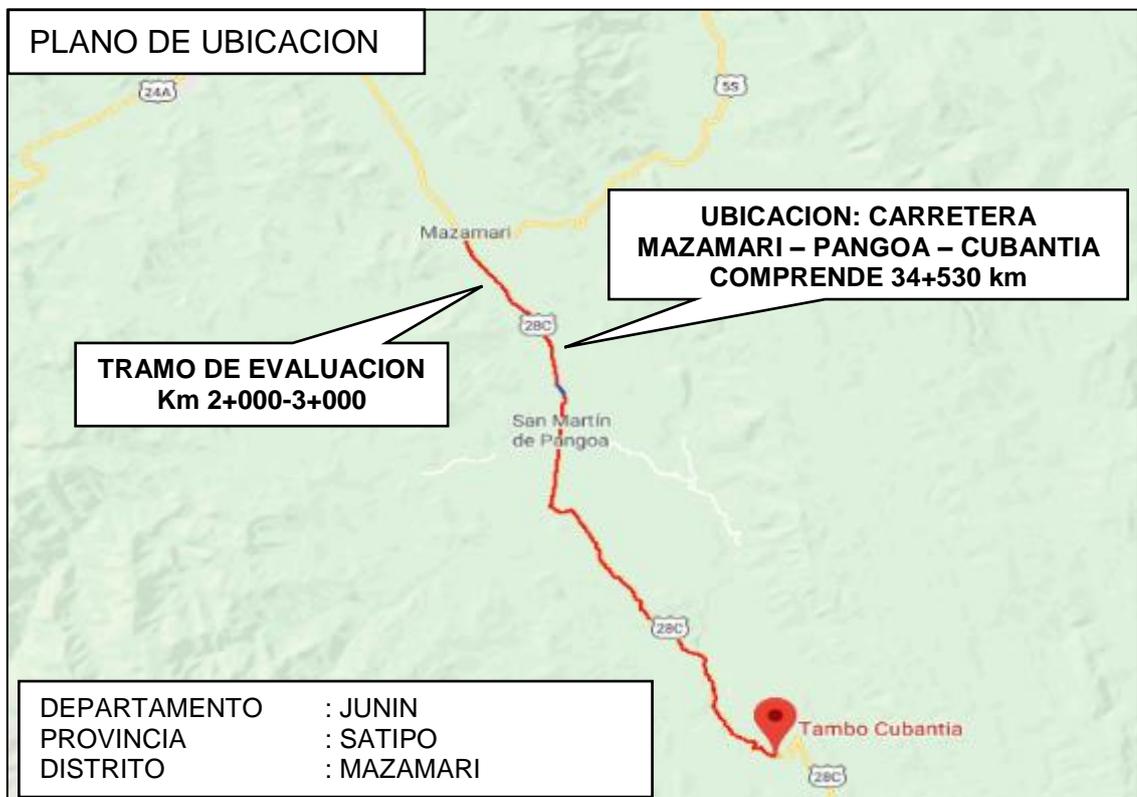
**Figura N<sup>o</sup> 01: Localización del departamento**



**Figura N° 02: Localización de la provincia**



**Figura N° 03: Ubicación de Carretera Mazamari – Pangoa - Cubantia**



#### **1.4.2. Delimitación temporal**

El presente estudio se desarrolló en los meses de setiembre, octubre, noviembre y diciembre del año 2019 y enero del 2020.

#### **1.4.3. Delimitación económica**

Este estudio se realizó con recursos propios, no se tuvo financiamiento externo de ninguna institución.

### **1.5. Limitaciones**

- Únicamente se realizó el diseño de asfalto para esta carretera ya que para las otras deberán contar con su propio diseño de mezclas.
- No se consideró las diferentes canteras para la extracción ya que los agregados no cumplen con los requerimientos de calidad, solo se consideró los materiales de la cantera Satipo.

### **1.6. Objetivos**

#### **1.6.1. Objetivo general**

Determinar el comportamiento físico-mecánico de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo.

#### **1.6.2. Objetivos específicos**

- a) Determinar la capacidad de Adherencia de la mezcla asfáltica en caliente y su influencia en las propiedades físicas a diferentes dosificaciones de cemento asfáltico.

- b)** Evaluar la Estabilidad - Flujo en relación al contenido óptimo de cemento asfáltico y su influencia en las propiedades físico - mecánico de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo.
  
- c)** Evaluar la Resistencia Retenida (TSR) con la incorporación de aditivo RICOT - Z y su influencia en las propiedades físicas de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, Provincia de Satipo.
  
- d)** Determinar la deflexión del pavimento en el análisis de las propiedades físico – mecánico de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes**

##### **Antecedentes Internacionales**

**MELGAR SALCEDO, Mariana Dana (2018) – Ecuador**, en su tesis de investigación titulada: “Diseño de Mezcla Asfáltica por el método Marshall para la carretera de Babahoyo. El objetivo principal de la presente investigación elaborar el diseño Marshall con los agregados de la cantera de Malagata determinando sus propiedades mecánicas de esta. Para ello se procedió extraer muestra de la cantera para realizarse los ensayos de proctor, cbr, límites y otros, posteriormente se procedió a diseñar el asfalto realizándose variados ensayos hasta alcanzar el más óptimo diseño de proporciones, así mismo se realizó los ensayos para el cemento asfáltico, realizando los procedimientos se pudo determinar que las proporciones y los resultados de los ensayos cumplen satisfactoriamente con los parámetros establecidos en el manual de carreteras. Como conclusión presenta que los materiales de la cantera cumplen satisfactoriamente con los parámetros de calidad, lo que indica que la cantera por ser de gran cantidad y calidad de agregado, es

recomendable y aplicable para las vías y carreteras que se requieren asfaltar en toda esta zona, así mismo se recomienda realizar los asfaltados en las vías aledañas ya que serían beneficiosos en el transporte de material y calidad de asfaltado.

**MARTINZ ARIAS, Miguel (2017) – Colombia**, en su tesis de investigación titulada: “Diseño de Mezcla Asfáltica y su comportamiento mecánico” Universidad Católica de Colombia. El objetivo principal de la investigación fue desarrollar el estudio de canteras para realizar el procedimiento de la mezcla asfáltica en caliente. Para ello se hizo estudios de cantera donde podemos determinar el diseño de tres canteras donde las dos primeras canteras, sus ensayos de materiales no llegan a cumplir con los parámetros que se establecen, para ello se procedió a encontrar una nueva cantera donde al realizar los ensayos correspondientes estas cumplen satisfactoriamente, la única deficiencia de esta cantera es la lejanía a la zona de pavimentación, para lo cual para el proyecto se necesitó un adicional de obra para el transporte del material de cantera, ya que se requiere asfaltar 10 kilómetros, lo que necesita ser de principal requisito que las canteras cumplan con los requerimientos, posteriormente se procedió al diseño del asfalto en caliente para ello se contó con personal calificado, teniendo como resultados valores que se encuentran dentro de lo establecido en el manual. Como conclusión presenta que al realizar el estudio de cantera y su evaluación mediante ensayos para determinar la calidad de estas, podemos observar que dos de las primeras canteras no cumplen con lo requerido, así mismo se pudo determinar que al producirse un exceso de asfalto presentara deficiencias como son exudación en el asfaltado lo que provocaría una mínima resistencia al deslizamiento.

**ANTUNEZ PARIONA, Martin Ernesto (2016) – Ecuador**, en su tesis de investigación titulada: “Comportamiento estructural de la carretera San Francisco - Otale” Universidad Central del Ecuador. El objetivo principal de la investigación fue determinar el comportamiento estructural para su

verificación del estado actual de la carretera. Para ello se utilizó la Viga Benkelman lo cual es un ensayo no destructivo y muy usado por la rapidez, eficiencia, y precisión del ensayo brindando resultados muy confiable, para ello podemos determinar en nuestro tramo de estudio que la vía presenta datos que están muy por encima de los valores admisibles, lo que indica que la carretera ha sufrido deterioros en su periodo de vida, para ello es necesario reforzar la vía mediante el mantenimiento periódico, ya que con el tiempo la vía se ira deteriorando en mayor grado, lo que requerirá la construcción de una nueva carretera, todo ello depende a que la vía presenta gran carga debido al incremento de tránsito de vehículos pesados, esta vía no fue diseñada para todo esta carga. Como conclusión presenta que de acuerdo a las deflexiones realizadas lo cual exceden lo admisible, lo que conlleva a deducir que el pavimento presenta agotamiento estructural, todo ello debido al crecimiento significativo del tránsito de vehículos pesados, para ello se requiere reforzar la carretera y evitar los daños estructurales que afectaran a la carretera en su totalidad.

**MÉNDOZA GRAVIA, Diana Raquel (2017) – El Salvador**, en su tesis de investigación titulada: “Diseño de Mezcla Asfáltica Mediante la Metodología Marshall” Universidad de El Salvador. El objetivo principal de la investigación fue desarrollar el diseño Marshall y sus verificación de las causas efectos que se producirán durante la dosificación de asfalto. Para ello se escogió los agregados de la cantera de Carpon donde se realizaron ensayos de materiales previos verificando su aprobación para el desarrollo del método Marshall, durante la dosificación de asfalto se pudo observar cuando el diseño presenta poca dosificación de asfalto, esta presenta agrietamientos, así mismo al encontrar vicios durante su diseño esta provoca el deterioro prematuro del asfalto(envejecimiento), así mismo al no llegar a la compactación establecida se produce el envejecimiento prematuro. Como conclusión presenta que para llegar al máximo desempeño del diseño de asfalto es necesario contar con el diseño optimo y su correcta aplicación del ensayo para así evitar

deterioros prematuros, tener un control estricto durante la producción del asfalto para cumplir con el diseño establecido, en la dosificación agregar el contenido de asfalto necesario, no exceder los límites de vacíos, así mismo llegar a la compactación de acuerdo a las especificaciones técnicas, para contar con un grado de computación eficiente, todo ello debe ser verificado estrictamente por la entidad supervisora para evitar deficiencias futuras en la carretera.

**WILMONN QUIENO, Hans Fabricio (2017) – Guatemala**, en su tesis de investigación titulada: “Comportamiento Mecánico de los materiales del diseño Marshall”. Universidad Rafael Landívar. El objetivo principal del presente trabajo de investigación es identificar las consecuencias que se desarrolla en la aplicación de agregados con diferentes características. Para ello durante el diseño se tuvo dificultades en los materiales, ya que al realizar los ensayos con estas características y teniendo el control adecuado de cada material se puede observar que: al presentar partículas grandes, el asfalto presenta una superficie áspera que presenta dificultades de trabajabilidad durante su proceso constructivo, cuando en la dosificación presenta gran cantidad de material grueso, su aplicación para la compactación la hace dificultoso, así mismo cuando el diseño presenta gran cantidad de arena el diseño tiene a ser poco resistente. Como conclusión presenta que se debe tener cuidado en el tamizado del material para el asfaltado ya que al presentar deficiencias en tamaño y en cantidad de estos, provoca deficiencias en la resistencia y trabajabilidad del asfalto, por ello debemos contar con personal calificado para su desarrollo y producción el asfalto.

### **Antecedentes Nacionales**

**VALDIVIA SÁNCHEZ, Vitmer Lubel (2017) – Lima**, realizó la tesis: "Análisis del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente incorporando polímeros SBS en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57-Comas, Lima 2017". El objetivo del presente trabajo de investigación fue

determinar en qué manera la incorporación de polímeros SBS mejora el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017. Para ello se analizó cómo influye la incorporación de polímeros SBS en la trabajabilidad de mezclas asfálticas en caliente en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, se especifican el uso del asfalto PEN 60/70 y agregados provenientes de la cantera “Leticia Cerro Blanco”, las cuales han sido ensayados de acuerdo a procedimientos y especificaciones indicados en las normas EG-2013 y EM-2016. , así mismo se evaluó como interviene la incorporación de polímeros SBS en la resistencia de las mezclas asfálticas en caliente, también se demostró como contribuye la incorporación de polímeros SBS en los vacíos de las mezclas asfálticas en caliente. Como conclusión presenta que al comparar los resultados obtenidos, se determinó que la estabilidad de la mezcla asfáltica convencional fue 1389.4 kg mientras que la mezcla modificada con polímeros SBS fue 1921.4 kg una diferencia de 38.28%. Es decir, que el modificado tiene la capacidad de resistir desplazamientos y deformaciones bajo tráficos pesados. Asimismo estos resultados influyen en la resistencia del daño inducido por humedad presentando un buen comportamiento de un incremento de TSR 8.85% con respecto al convencional. Esto indica que la susceptibilidad a la humedad mínima, por lo tanto la incorporación de polímeros SBS a la mezcla asfáltica convencional, mejora notablemente sus propiedades físicas y mecánicas, así disminuir fallas comunes en pavimentos flexibles producidos por los efectos del clima y tráficos de cargas pesadas.

**HERNÁNDEZ AGUILAR, Marco Antonio (2018) – Lima**, realizo la tesis: “Análisis del Comportamiento de Mezclas Asfálticas en Caliente con Fibras de Polipropileno Incorporada para Condiciones de Zonas de Altura”. El objetivo principal del presente trabajo de investigación fue determinar la influencia de las fibras de polipropileno en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente para condiciones de zonas de altura. Para ello se determinó los efectos de la proporción de

incorporación de fibras de polipropileno en mezclas asfálticas en caliente en el ensayo Marshall, así mismo se obtuvo la dosificación óptima de fibras de polipropileno a fin mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente. Como conclusión presenta que se evaluaron los efectos de agregar diferentes proporciones de fibra de polipropileno (0.5%, 0.6% y 0.75% en peso) para obtener el mejor desempeño de la mezcla. Los diversos especímenes generados fueron evaluados con los ensayos de Marshall y de Módulo Resiliente en el Laboratorio de Estudios Especiales (LEE) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), por otro lado los resultados de los ensayos de Marshall indicaron que el mejor comportamiento provendría de mezclas con una incorporación de 0.6 % de fibra, con mejoras comparadas con la mezcla convencional de 1461.4 en estabilidad y 3.8 % en flujo. Es así que se decidió continuar la evaluación con el ensayo de Modulo Resiliente con las mezclas convencionales y las mezclas con 0.6 % de incorporación de fibra.

**ORDOÑEZ LUJANO, Adelaida Betssy (2016) – Juliaca**, realizo la tesis: “Comportamiento Mecánico de Mezclas asfálticas en Caliente, Empleando Cal, en los Aeropuertos Del Sur del Perú”. El objetivo del presente trabajo de investigación es estudiar el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente, empleando cal, en los aeropuertos del sur del Perú. Para ello se determinó las propiedades físicas mecánicas de mezclas asfálticas en caliente, empleando cal, en los aeropuertos del sur del Perú, de tal forma se determinó el porcentaje óptimo de cal, para mezclas asfálticas en caliente, en los aeropuertos del sur del Perú, también se determinó la técnica de fabricación de mezclas asfálticas en caliente, empleando cal, en los aeropuertos del sur del Perú. Como conclusión presenta que las mezclas asfálticas en caliente empleando cal presentan un buen Comportamiento Mecánico debido a que se observó el mejoramiento dela resistencia y disminución en las deformaciones, de los resultados de laboratorio se determinó que se tiene una mejora en las propiedades físico–mecánicas de mezclas asfálticas en caliente empleando cal, tales como la tracción indirecta con 84.50%, estabilidad

1181Kg, flujo 5.0”, el índice de rigidez Marshall con 2360 Kg/cm, por lo que se puede asegurar una buena trabajabilidad y que los daños en la pista de aterrizaje van a disminuir con la utilización de esta mezcla.

**CAHUANA HUAYANCA, Patricia Elizabeth (2018) – Lima**, realizó la tesis: “Análisis Comparativo del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica Modificada con Betutec IC + Aditivo Warmix Respecto a la Mezcla Asfáltica Convencional”. El objetivo del presente trabajo de investigación fue Realizar un análisis comparativo del comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix respecto a la mezcla asfáltica convencional. Para ello se realizó la mezcla asfáltica modificada con Betutec IC + aditivo Warmix en función de la Estabilidad, fluidez, densidad, vacíos en el agregado mineral respecto a la mezcla asfáltica convencional, con la finalidad de mejorar el comportamiento mecánico de la mezcla asfáltica modificada incorporando Betutec IC + aditivo Warmix, a fin de ofrecer una alternativa de solución a los problemas que afectan al asfalto y consecuentemente a la carpeta asfáltica. Como conclusión presenta que la incorporación de Betutec IC + aditivo Warmix mejora significativamente el comportamiento mecánico de la mezcla modificada respecto a la mezcla asfáltica convencional. Se obtuvieron los siguientes beneficios: incremento de la Fluidez, Estabilidad, Densidad, Espacios vacíos del agregado mineral y la reducción de espacios vacíos de la mezcla asfáltica, los cuales se traducen en mayor durabilidad ante agentes agresores e incrementa la vida útil del pavimento.

**RAMÍREZ MONTENEGRO, Marco Antonio (2015) – Trujillo**, realizó la tesis: “Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas, Utilizando Agregados de la Cantera San Martín con Cemento Asfáltico Pen60/70 y Emulsión Asfáltica CSS-1HP. El Objetivo del presente trabajo es determinar el grado de compatibilidad de los agregados de la cantera San Martín, en la preparación de mezclas asfálticas en caliente con cemento asfáltico tipo PEN 60/70 y preparación de mezclas asfálticas en frío con

Emulsión Asfáltica CSS-1HP, Trujillo, región la libertad. Para ello se determinó las características físicas mecánicas de los materiales de agregados en las canteras San Martín, teniendo en cuenta las normas MTC, así mismo se realizó ensayos de Cemento Asfáltico tipo PEN60/70, para una mezcla asfáltica en caliente, ensayos de Emulsión Asfáltica tipo CSS-1HP, para una mezcla Asfáltica, también se diseñó mezclas de prueba, y determinar la dosificación óptima a través de ensayos de laboratorio, que cumpla con los requisitos establecidos por la Metodología Marshall Modificada. Como conclusión presenta que los agregados gruesos de la cantera San Martín presentan características físicas angulares y/o alargadas ya que estos son formados naturalmente o triturados de piedra de cantera, estos tienen una resistencia al desgaste de 18.06%. De acuerdo a los estudios realizados se determinó que los agregados de dicha cantera con las especificaciones técnicas establecida por el ente normativo del MTC están dentro de los parámetros establecidos y su máxima resistencia es de 40% para  $\leq 3000$  msnm según MTC E207.

**VILCHES HUARCAYA, Pamela Erika (2018) – Lima**, realizó la tesis: “Diseño mediante el Método Marshall con agregados de la Cantera Huarpa- Lambayeque”. El objetivo del presente trabajo de investigación fue desarrollar el diseño Marshall realizando los ensayos de materiales de los agregados de la cantera Huarpa. Para ello se realizó inicialmente los ensayo para la piedra chancada, arena chancada, y arena natural, posteriormente se procedió a los diseños teóricos del asfalto para ello se obtuvo la curva granulométrica MAC-2 cuya granulometrías se encuentra dentro los límites establecidos, posteriormente se realizó la evaluación del RICE, para ello se contó con los personales y técnicos encargados de su diseño lo cual se realizó conjuntamente con la supervisión para su conformidad y aprobación. Como conclusión presenta que una vez escogido los materiales de cantera adecuados y su correcta aplicación de los ensayos para sus posterior diseño, se toma en cuenta que se realiza una variedad de diseños teóricos hasta llegar al óptimo contenido de

asfalto, una vez realizado los ensayos correspondientes de verificación de determino que el diseño cumple con todos los requerimientos de calidad de acuerdo al manual de carreteras.

## **2.2. Marco conceptual**

### **2.2.1. Pavimento flexible**

El pavimento flexible, es producto de la conformación de ciertas capas que requieren de cierta compactación y calidad de material, para ello se cuenta con agregados de canteras que previamente se realizaron ensayos de materiales para su aprobación, para ello presenta ciertos estándares de calidad para Cada capa del pavimento flexible, su diseño depende del tráfico que va a soportar, así mismo se proyecta a un cierto número de años para su periodo de vida útil lo cual debe de alcanzar según lo diseñado.

Para su verificación de capa del pavimento esta pasara por la evaluación del grado de compactación, también debe de contar con la capacidad portante adecuada, la cual será evaluada al final del proceso constructivo de cada capa, en nuestro país el ensayo más utilizado para la evaluación estructural es la Viga Benkelman, por su eficiencia, precisión y rapidez.

### **2.2.2. Carpeta asfáltica**

La carpeta asfáltica es la última capa del pavimento, la cual estará expuesta al paso de los vehículos, por ello esta capa debe contar con ciertos parámetros de calidad para su diseño, para evitar su deterioro prematuro ya que al ser afectada esta capa, alterara a las capas inferiores provocando alteraciones estructurales que dañarían a todo el paquete estructural.

Para ello se requiere que todas las capas del pavimento trabajen conjuntamente y así evitar fallas debido a las capas inferiores, la carpeta asfáltica al presentar deficiencias en su diseño, esta actuara desfavorablemente ya que se producirá la erosión, hundimientos debido al exceso de asfalto, por ello para su diseño se debe contar con los materiales de cantera adecuadas y los diseños deberán ser elaboradas por personal capacitado.

## **A) Materiales de la carpeta asfáltica**

Los materiales de la carpeta asfáltica deberán pasar por una serie de ensayos de materiales para así poder verificar su capacidad mecánica, y garantizar el correcto desempeño de la carpeta asfáltica.

### **1. Agregados.**

Son materiales que generalmente pueden ser extraídas de canteras naturales, para su verificación de calidad y aporte mecánico, estos agregados deberán pasar por estrictos controles de calidad, para ello contamos con parámetros establecidos en el manual de carreteras donde nos indica que tipo de ensayos se realizará para garantizar si los materiales son los adecuados para la estructura a elaborar.

### **2. Agregado Grueso**

El agregado grueso debe presentar ciertos requisitos en tamaño y desgaste, estos agregados deben de estar limpios, sin presencia de material orgánico, o restos de impureza que perjudicarían en el aporte de la resistencia que brindara a la carpeta asfáltica, su correcta aplicación en tamaño y proporción beneficiaran en la trabajabilidad y desempeño de esta.

Estos agregados son los que son retenidas en el tamiz N°8.

### **3. Agregado Fino.**

#### **Equivalente de arena (ASTM D-2419).**

Al determinar el agregado fino son aquellos materiales que pasan el tamiz N°4, su dosificación en el diseño de mezcla asfalta es fundamental ya que la aplicación de un exceso de material fino produce una inestabilidad y falta de resistencia en el cemento asfáltico.

#### **Determinación del peso específico del agregado fino (ASTM D128).**

La determinación de peso específico es fundamental para la determinación de la calidad del agregado fino, para ello se debe sumergir al agua, para lo cual tendremos como resultado la expresión relacionada entre el peso del material al aire y el peso sumergido.

#### **Análisis granulométrico (ASTM D-422).**

El análisis granulométrico para los agregados es necesaria para poder verificar si los tamaños de estos están dentro de los rangos establecidos para el diseño de asfalto. Así mismo tenemos que para esta investigación se utilizó el MAC-2 teniendo como resultado las proporciones establecidas que estén dentro de los límites para el diseño del asfalto mediante el método Marshall.

### **2.2.3. Cemento asfáltico**

El cemento asfáltico es la combinación de agregados y asfalto en dosificaciones establecidas en sus diseños previos, para ello se debe determinar las propiedades físicas mecánicas de los agregados en la calidad de los asfaltos. En esta investigación se desarrolló los diseños de asfalto mediante el diseño Marshall hasta llegar al óptimo, para ello se tuvo control en la cantidad del asfalto, la verificación para que el porcentaje de vacíos este dentro de los parámetro de calidad, para poder tener el control en la trabajabilidad y estabilidad del asfalto durante su proceso constructivo para ello se debe tener en cuenta que cada agregado cuenta con sus respectivos ensayos y parámetros que establecen en manual de carreteras así mismo tenemos lo gradación que para este diseño se utilizó el MAC-2 teniendo una verificación detallada del todo el proceso de tamizado. Cabe mencionar que debemos tener en cuenta a que altitud se está desarrollando el asfaltado ya que dependerá de eso para realizar el diseño, así mismo debemos tener en cuenta las especificaciones para el asfalto, para poder controlar la calidad del cemento asfáltico.

#### **Base Asfáltica**

La elaboración de la carpeta asfáltica mediante la elaboración por el método Marshall es la más utiliza en nuestro país En esta investigación se procedió a extraer muestra de la cantera para realizarse los ensayos de proctor, cbr, límites y otros, posteriormente se procedió a diseñar el asfalto realizándose variados ensayos hasta alcanzar el más óptimo diseño de proporciones, así mismo se realizó los ensayos para el cemento asfáltico, realizando los procedimiento se pudo determinar que las proporciones y los resultados de los ensayos cumplen satisfactoriamente con los parámetros establecidos en el manual de carreteras. Los materiales de la cantera cumplen

satisfactoriamente con los parámetros de calidad, lo que indica que la cantera por ser de gran cantidad y calidad de agregado, es recomendable y aplicable para las vías y carreteras que se requieren asfaltar en toda esta zona, así mismo se recomienda realizar los asfaltados en las vías aledañas ya que serían beneficiosos en el transporte de material y calidad de asfaltado.

#### **2.2.4. Cemento Asfáltico PEN 60/70**

Este número de PEN indica el grado de dureza que alcanza este asfalto, esta es la aplicación para la presente tesis.

#### **A)Cemento asfáltico**

El cemento asfáltico a emplear en las mezclas asfálticas elaboradas en caliente será clasificado por penetración, o por viscosidad absoluta. Su empleo será según las características climáticas de la región y las condiciones de operación de la vía, tal como lo indica la Tabla N° 1, las consideraciones del Proyecto y las indicaciones del Supervisor.

Temperatura Media Anual			
24 °C o más	24 °C - 15 °C	35 °C - 5 °C	Menos de 5 °C
40 – 50 o			
60 – 70 o	60-70	85 –100	Asfalto Modificado
Modificado		120 - 150	

**Tabla Nª 01: Mezclas asfáticas en caliente**

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos (MS-22)

#### **Tipo de Cemento Asfáltico Clasificado según Penetración**

El cemento asfáltico debe presentar un aspecto homogéneo, libre de agua y no formar espuma cuando es calentado a temperatura de 175°C.

El diseño de asfalto deberá ser supervisada constantemente ya sea durante su diseño así mismo durante a producción tanto en salida y llegada al tramo a asfaltar, también debemos tener controles después del asfaltado.

Estos ensayos deben realizarse durante la producción, la toma de temperaturas será constantemente, una vez colocada el asfalto tendremos los ensayos respectivos, como el de lisura, de rugosidad, extracción de diamantina, y otros con la finalidad de garantizar la calidad del pavimento flexible. Cabe mencionar que una vez recepcionado la obra se debe de realizar los mantenimientos preventivos y constantes, ya que al no realizar estas actividades tendremos un deterioro prematuro del pavimento provocando los hundimientos, ahuellamientos, pieles de cocodrilo, fisuras, grietas y otros.

**Tabla Nª 02: Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por**

Características	Ensayo	Grado de Penetración							
		40 - 50		60 - 70		85 - 100		120 - 150	
		Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.	Min.	Máx.
Penetración 25°C, 100 g, 5s, 0.1 mm	<b>MTC E 304</b>	40	50	60	70	85	100	120	150
Punto de Inflamación COC, °C	MTC E 312	232	-	232	-	232	-	232	-
Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm	MTC E 306	100	-	100	-	100	-	100	-
Solubilidad en Tricloroetileno, % masa	MTC E 302	99	-	99	-	99	-	99	-
Susceptibilidad Térmica	MTC E 316								
Ensayo de Película Delgada en Horno, 3.2 mm, 163°C, 5 hrs.		-	0,8	-	0,8	-	1.0	-	1.5
* Pérdida de masa, %	MTC E 304	55	-	52	-	47	-	42	-
* Penetración del residuo, % de la penetración original									
* Ductilidad del residuo, 25°C, 5 cm/min, cm.	MTC E 306	-	-	50	-	75	-	100	-
Índice de Susceptibilidad Térmica		- 1,0	+1,0	- 1,0	+1,0	- 1,0	+1,0	- 1,0	+1,0
Ensayo de la Mancha con solvente	MTC E 314								
Heptano - Xileno 20% (opcional)		<b>Negativo</b>		<b>Negativo</b>		<b>Negativo</b>		<b>Negativo</b>	

## penetración

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos (MS-22)

**Tabla N° 03: Especificaciones del cemento asfáltico clasificado por**

Características	Ensayo	Grado de Viscosidad			
		AC-5	AC-10	AC-20	AC-40
Viscosidad Absoluta 60°C, Pa.s (Poises)	<b>MTC E 308</b>	50 ± 5 (500 ± 100)	100 ± 20 (1000 ± 200)	200 ± 40 (2000 ± 400)	400 ± 80 (4000 ± 800)
Viscosidad Cinemática, 135°C mm <sup>2</sup> /s, mínimo	<b>E 301</b>	100 MTC	150	210	300
Penetración 25°C, 100 gr. 5s mínimo	<b>MTC E 304</b>	120	70	40	20
Punto de Inflamación COC, °C, mínimo	<b>MTC E 303</b>	177	219	232	232
Solubilidad en Tricloroetileno % masa, mínimo	<b>MTC E 302</b>	99	99	99	99
Susceptibilidad Termina Ensayo de Película Delgada en Horno	<b>MTC E 316</b>	200	400	800	1600
* Viscosidad Absoluta, 60°C, Pa.s (Poises) máximo	<b>MTC E 304</b>	(2000)	(4000)	(8000)	(16000)
* Ductilidad, 25°C, 5 cm/min, cm. Mínimo	<b>MTC E 306</b>	100	50	20	10
Ensayo de la mancha con solvente Heptano- xileno (opcional)	<b>MTC E 314</b>	Negativo	Negativo	Negativo	Negativo

## viscosidad

Fuente: Principios de Construcción de Pavimentos (MS-22)

### 2.2.5. Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente

Los diseños de mezcla asfáltica presentan proporciones exactas de agregados los cuales vas a determinar las propiedades de

resistencia del pavimento flexible. Para la presente investigación tenemos el método desarrollo que es la Metodología Marshall siendo este el método más utilizado en nuestro país, Existe otro método conocido como Hveem, para nuestra investigación nos enfocaremos al desarrollo del método Marshall.

### **A)Características y comportamiento de la mezcla**

Para la determinación de las características y propiedades del diseño de asfalto, se enfocan principalmente en cuatro características que debemos tener cuidado sobrepasar los límites durante su diseño de la mezcla asfáltica en cliente. Para ello presentamos a continuación y ms detalle explicando cada uno de estos cuatro métodos.

- Densidad de la mezcla
- Vacíos de aire, o simplemente vacíos.
- Vacíos en el agregado mineral.
- Contenido de asfalto.

#### **Densidad**

La densidad de la mezcla compactada está definida como su peso unitario (el peso de un volumen específico de la mezcla). La densidad es una característica muy importante debido a que es esencial tener una alta densidad en el pavimento terminado para obtener un rendimiento duradero.

#### **Vacíos de aire (o simplemente vacíos)**

Los vacíos de aire son espacios pequeños de aire, o bolsas de aire, que están presentes entre los agregados revestidos en la mezcla final compactada. Es necesario que todas las mezclas densamente graduadas contengan cierto porcentaje de vacíos para permitir alguna compactación adicional bajo el tráfico, y proporcionar espacios adonde pueda fluir el asfalto durante su compactación adicional. El porcentaje permitido de vacíos (en muestras de laboratorio) para capas de base y capas superficiales está entre 3 y 5 por ciento, dependiendo del diseño específico.

La durabilidad de un pavimento asfáltico es función del contenido de vacíos. La razón de esto es que entre menor sea la cantidad de vacíos, menor va a ser la permeabilidad de la mezcla. Un contenido demasiado alto de vacíos proporciona pasajes, a través de la mezcla, por los cuales puede entrar el agua y el aire, y causar deterioro. Por otro lado, un contenido demasiado bajo de vacíos puede producir exudación de asfalto; una condición en donde el exceso de asfalto es exprimido fuera de la mezcla hacia la superficie.

### **Vacíos en el agregado mineral**

Los vacíos en el agregado mineral (VMA) son los espacios de aire que existen entre las partículas de agregado en una mezcla compactada de pavimentación, incluyendo los espacios que están llenos de asfalto.

El VMA representa el espacio disponible para acomodar el volumen efectivo de asfalto (todo el asfalto menos la porción que se pierde en el agregado) y el volumen de vacíos necesario en la mezcla. Cuando mayor sea el VMA más espacio habrá disponible para las películas de asfalto. Existen valores mínimos

para VMA los cuales están recomendados y especificados como función del tamaño del agregado.

### **Contenido de asfalto**

La proporción de asfalto en la mezcla es importante y debe ser determinada exactamente en el laboratorio, y luego controlada con precisión en la obra. El contenido de asfalto de una mezcla particular se establece usando los criterios (discutidos más adelante) dictados por el método de diseño seleccionado.

El contenido óptimo de asfalto de una mezcla depende, en gran parte, de las características del agregado tales como la granulometría y la capacidad de absorción. La granulometría del agregado está directamente relacionada con el contenido óptimo del asfalto. Entre más finos contenga la graduación de la mezcla, mayor será el área superficial total, y, mayor será la cantidad de asfalto requerida para cubrir, uniformemente, todas las partículas. Por otro lado las mezclas más gruesas (agregados más grandes) exigen menos asfalto debido a que poseen menos área superficial total.

La relación entre el área superficial del agregado y el contenido óptimo de asfalto es más pronunciada cuando hay relleno mineral (fracciones muy finas de agregado que pasan a través del tamiz de 0.075 mm (Nº 200)). Los pequeños incrementos en la cantidad de relleno mineral, pueden absorber, literalmente, gran parte el contenido de asfalto, resultando en una mezcla inestable y seca. Las pequeñas disminuciones tienen el efecto contrario: poco relleno mineral resulta en una mezcla muy rica (húmeda). Cualquier variación en el contenido o relleno mineral

causa cambios en las propiedades de la mezcla, haciéndola variar de seca a húmeda. Si una mezcla contiene poco o demasiado, relleno mineral, cualquier ajuste arbitrario, para corregir la situación, probablemente la empeorará. En vez de hacer ajuste arbitrarios, se deberá efectuar un muestreo y unas pruebas apropiadas para determinar las causas de las variaciones y, si es necesario, establecer otro diseño de mezcla.

La capacidad de absorción (habilidad para absorber asfalto) del agregado usado en la mezcla es importante para determinar el contenido óptimo de asfalto. Esto se debe a que se tiene que agregar suficiente asfalto a la mezcla para permitir absorción, y para que además se puedan cubrir las partículas con una película adecuada de asfalto. Los técnicos hablan de dos tipos de asfalto cuando se refieren al asfalto absorbido y al no absorbido: contenido total de asfalto y contenido efectivo de asfalto.

El contenido total de asfalto es la cantidad de asfalto que debe ser adicionada a la mezcla para producir las cualidades deseadas en la mezcla. El contenido efectivo de asfalto es el volumen de asfalto no absorbido por el agregado; es la cantidad de asfalto que forma una película ligante efectiva sobre la superficie de los agregados. El contenido efectivo de asfalto se obtiene al restar la cantidad absorbida de asfalto del contenido total de asfalto.

La capacidad de absorción de un agregado es, obviamente, una característica importante en la definición del contenido de asfalto de una mezcla. Generalmente se conoce la capacidad de absorción de las fuentes comunes de agregados, pero es necesario efectuar ensayos cuidadosos cuando son usadas fuentes nuevas.

### **Propiedades consideradas en el diseño de mezclas**

Las buenas mezclas asfálticas en caliente trabajan bien debido a que son diseñadas, producidas y colocadas de tal manera que se logra obtener las propiedades deseadas. Hay varias propiedades que contribuyen a la buena calidad de pavimentos de mezclas en caliente. Estas incluyen la estabilidad, la durabilidad, la impermeabilidad, la trabajabilidad, la flexibilidad, la resistencia a la fatiga y la resistencia al deslizamiento.

### 1. Estabilidad

La estabilidad de un asfalto es su capacidad de resistir desplazamientos y deformación bajo las cargas del tránsito. Un pavimento estable es capaz de mantener su forma y lisura bajo cargas repetidas, un pavimento inestable desarrolla ahuellamientos (canales), ondulaciones (corrugación) y otras señas que indican cambios en la mezcla.

**Tabla Nª 04: Causas y efectos de inestabilidad en el pavimento**

CAUSAS	EFFECTOS
Exceso de asfalto en la mezcla	Ondulaciones, ahuellamientos y afloramiento o exudación.
Exceso de arena de tamaño medio en la mezcla	Baja resistencia durante la compactación y posteriormente, durante un cierto tiempo; dificultad para la compactación.
Agregado redondeado sin, o con pocas, superficies trituradas	Ahuellamiento y canalización.

Fuente: Teoría de diseño, (2013)

## 2. Durabilidad

La durabilidad de un pavimento es su habilidad para resistir factores tales como la desintegración del agregado, cambios en las propiedades de asfalto (polimerización y oxidación), y separación de las películas de asfalto. Estos factores pueden ser el resultado de la acción del clima, el tránsito, o una combinación de ambos

**Tabla N<sup>o</sup> 05: Causas y efectos de una poca durabilidad**

CAUSAS	EFFECTOS
Bajo contenido de asfaltos	Endurecimiento rápido del asfalto y desintegración por pérdida de agregado.
Alto contenido de vacíos debido al diseño o a la falta de compactación	Endurecimiento temprano del asfalto seguido por agrietamiento o desintegración.
Agregados susceptibles al agua (Hidrofilitos)	Películas de asfalto se desprenden del agregado dejando un pavimento desgastado, o desintegrado

Fuente: Teoría de diseño, (2013)

## 3. Impermeabilidad

La impermeabilidad de un pavimento es la resistencia al paso de aire y agua hacia su interior, o a través de él. Esta característica está relacionada con el contenido de vacíos de la mezcla compactada, y es así como gran parte de las discusiones sobre vacíos en las secciones de diseño de mezcla se relaciona con impermeabilidad. Aunque el contenido de vacíos es una indicación del paso potencial de aire y agua a través de un pavimento, la naturaleza de estos vacíos es muy importante que su cantidad.

CAUSAS	EFFECTOS
Bajo contenido de asfalto	Las películas delgadas de asfalto causarán tempranamente, un envejecimiento y una desintegración de la mezcla.
Alto contenido de vacíos en la mezcla de diseño	El agua y el aire pueden entrar fácilmente en el pavimento, causando oxidación Y desintegración de la mezcla.
Compactación inadecuada.	Resultará en vacíos altos en el pavimento, lo cual conducirá a la infiltración de agua y baja estabilidad.

**Tabla Nª 06: Causas y efectos de la permeabilidad**

Fuente: Teoría de diseño, (2013)

#### **4. Trabajabilidad**

La trabajabilidad está descrita por la facilidad con que una mezcla de pavimentación puede ser colocada y compactada. Las mezclas que poseen buena trabajabilidad son fáciles de colocar y compactar; aquellas con mala trabajabilidad son difíciles de colocar y compactar. La trabajabilidad puede ser mejorada modificando los parámetros de la mezcla, el tipo de agregado, y/o la granulometría.

CAUSAS	EFFECTOS
Tamaño máximo de partícula: grande	Superficie áspera, difícil de colocar.
Demasiado agregado grueso	Puede ser difícil de compactar
Temperatura muy baja de mezcla	Agregado sin revestir, mezcla poco durable superficie áspera, difícil de compactar.
Demasiada arena de tamaño medio	La mezcla se desplaza bajo la compactadora y permanece tierna o blanda.
Bajo contenido de relleno mineral	Mezcla tierna, altamente permeable
Alto contenido de relleno mineral	Mezcla muy viscosa, difícil de manejar, poco durable.

**Tabla Nª 07: Causas y efectos de problemas en la trabajabilidad**

Fuente: Teoría de diseño, (2013)

## 5. Flexibilidad

Flexibilidad es la capacidad de un pavimento asfáltico para acomodarse, sin que se agriete, a movimientos y asentamientos graduales de la sub rasante. La flexibilidad es una característica deseable en todo pavimento asfáltico debido a que virtualmente todas las sub rasantes se asientan (bajo cargas) o se expanden (por expansión del suelo).

Una mezcla de granulometría abierta con alto contenido de asfalto es, generalmente, más flexible que una mezcla densamente graduada e bajo contenido de asfalto. Algunas veces los requerimientos de flexibilidad entran en conflicto con los requisitos de estabilidad, de tal manera que se debe buscar el equilibrio de los mismos.

## **6. Resistencia a la fatiga**

La resistencia a la fatiga de un pavimento es la resistencia a la flexión repetida bajo las cargas de tránsito. Se ha demostrado, por medio de la investigación, que los vacíos (relacionados con el contenido de asfalto) y la viscosidad del asfalto tienen un efecto considerable sobre la resistencia a la fatiga. A medida que el porcentaje de vacíos en un pavimento aumenta, ya sea por diseño o por falta de compactación, la resistencia a la fatiga del pavimento. (El periodo de tiempo durante el cual un pavimento en servicio es adecuadamente resistente a la fatiga) disminuye. Así mismo, un pavimento que contiene asfalto que se ha envejecido y endurecido considerablemente tiene menor resistencia a la fatiga.

CAUSAS	EFFECTOS
Bajo contenido de asfalto	Agrietamiento por fatiga
Vacíos altos de diseño	Envejecimiento temprano del asfalto, seguido por agrietamiento por fatiga.
Falta de compactación	Envejecimiento temprano del asfalto, seguido por agrietamiento por fatiga.
Espesor inadecuado de pavimento	Demasiada flexión seguida por agrietamiento por fatiga.

**Tabla N<sup>o</sup> 08: Causas y efectos de una mala resistencia a la fatiga**

Fuente: Teoría de diseño, (2013)

### **7. Resistencia al deslizamiento**

Resistencia al deslizamiento es la habilidad de una superficie de pavimento de minimizar el deslizamiento o resbalamiento de las ruedas de los vehículos, particularmente cuando la superficie este mojada. Para obtener buena resistencia al deslizamiento, el neumático debe ser capaz de mantener contacto con las partículas de agregado en vez de rodar sobre una película de agua en la superficie del pavimento (hidroplaneo). La resistencia al deslizamiento se mide en terreno con una rueda normalizada bajo condiciones controladas de humedad en la superficie del pavimento, y a una velocidad de 65 km/hr (40 mi/hr).

CAUSAS	EFFECTOS
Exceso de asfalto	Exudación, poca resistencia al deslizamiento
Agregado mal graduado o con mala textura	Pavimento liso, posibilidad de hidropneumático
Agregado pulido en la mezcla	Poca resistencia al deslizamiento

**Tabla N<sup>o</sup> 09: Causas y efectos de poca resistencia al deslizamiento**

Fuente: Teoría de diseño, (2013)

### 2.2.6. Método Marshall

A continuación se presenta una descripción general de los procedimientos seguidos en el Diseño Marshall de Mezclas. El procedimiento completo y detallado que se debe ser seguido se encuentra en la norma AASHTO T 245 (o ASTM D1559).

El método fue desarrollado por Bruce Marshall un ingeniero del Estado de Misisipi, donde la investigación fue iniciada por el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos en 1943. A través de un larga investigación de pruebas realizadas y correlación de estudios en el laboratorio, el cuerpo de Ingenieros mejoro y añadió detalles al procedimiento del ensayo Marshall, y posteriormente los criterios desarrollados para el diseño de mezclas.

El diseño por este método consiste en el estudio de la selección y dosificación de los agregados, aprobando confinar económicamente y asegurar las características siguientes:

#### **a) Cantidad de asfalto:**

Sea lo suficiente y necesario para envolver las partículas del agregado.

**b) Porcentaje de vacíos:**

Que presente el vacío suficiente para evitar la posible expansión y exudación del asfalto.

**c) Estabilidad:**

Sea lo necesario para evitar posible deformación y desplazamiento generado por las cargas que del tráfico que están en constante movimiento.

**d) Trabajabilidad:**

Que presente facilidad al ser colocadas y compactadas para evitar posible segregación de los agregados al bitumen.

**Requerimientos para Materiales Empleados en el Diseño de Mezclas las Asfálticas**

Para garantizar la calidad de los agregados empleados en el diseño de mezcla asfáltica se especifica requerimientos establecidos en el Manual de Carreteras (EG-2013), ver la siguiente tabla.

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		<3.000	>3.000
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Absorción*	MTC E 206	1.0% máx.	1.0% máx.

**Tabla Nª 10: Requerimientos para los agregados gruesos**

Fuente: Manual de Carretera, (EG-2013)

Los ensayos correspondientes para determinar la calidad de los agregados finos, se observan en la siguiente tabla:

**Tabla Nª 11: Requerimientos para los agregados finos**

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		<3.000	>3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Índice de Plasticidad (malla N° 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Absorción**	MTC E 205	0.5% máx.	0.5% máx.

Fuente: Manual de Carretera, (EG-2013)

Asimismo, en la siguiente tabla se muestra la gradación para la mezcla asfáltica en caliente (MAC) que se emplea de acuerdo a los usos granulométricos.

**Tabla Nª 12: Gradación para mezcla asfáltica en caliente (MAC)**

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (Nº 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (Nº 10)	29-45	38-52	43-61
425 um (Nº 40)	14-25	17-28	16-29
180 um (Nº 80)	8-17	8-17	9-19
75 um (Nº 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: Manual de Carretera, (EG-2013)

Para realizar la calidad del cemento asfáltico según el grado del PEN (Penetración) se toman las siguientes especificaciones generales. Ver la siguiente tabla.

Tipo		Grado de Penetración									
Grado	Ensayo	PEN		PEN		PEN		PEN		PEN	
		40-50		60-70		85-100		120-150		200-300	
		mín	máx	mín	máx	Min	máx	mín	máx	mín	máx
<b>Pruebas sobre el Material Bituminoso</b>											
Penetración a 25°C, 100 g, 5 s, 0.1 mm	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
Punto de Inflamación, °C	MTC E 312	232		232		232		218		177	
Ductilidad, 25°C, 5cm/min, cm	MTC E 306	100		100		100		100		100	
Índice de Penetración (Suceptibilidad Térmica)	MTC E 304	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1	-1	+1
<b>Pruebas sobre la Película Delgada a 163 °C, 3.2 mm, 5 h</b>											
Pérdida de masa, %	ASTM D 1754		0,8		0,8		1,0		1,3		1,5
Penetración retenida después del ensayo de película fina, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	MTC E 306			50		57		100		100	

**Tabla N<sup>a</sup> 13: Especificaciones del cemento asfáltico por penetración**

Fuente: Manual de Carretera, (EG-2013)

En la siguiente tabla se observa los parámetros de diseño por el método Marshall, establecidos por EG-2013.

Parámetros de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
<b>Marshall MTC E 504</b>			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53kN
3. Flujo 0,01" (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	Ver tabla 423-10 (EG-2013)		
<b>Inmersión - Comprensión (MTC E 518)</b>			
1. Resistencia a la compresión Mpa. Min	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (min)	75	75	75
Relación Polvo-Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción Indirecta	80 min.		

**Tabla N<sup>a</sup> 14: Parámetros para el diseño de MAC**

Fuente: Manual de Carretera, (EG-2013)

### 2.2.7. Resistencia al daño inducido por efectos de humedad

El ensayo nos permite determinar la resistencia expuesta a cargas bajo tráfico y agentes climáticos de la carpeta asfáltica, donde se evaluará la falla provocada por tensiones de tracción.

Consiste en determinar el número de golpes para un porcentaje de vacío establecido en la norma MTC E 522 en un  $7,0 \pm 0,5\%$  de vacíos, para lo cual se estableció el número de golpes según de 10, 20, 30, 50, 75 con un óptimo de asfalto definitivo mediante el ensayo Marshall.

Una vez determinado el número de golpes se compacta unas seis briquetas para que la mitad sea ensayado en seco y la otra saturada.

Al momento de destituir de los moldes se almacenara por 24 horas a temperatura de ambiente y luego alterar en una saturación de

60°C un parte de ellas. Luego de cumplir con lo establecido en la normativa se procede a la rotura.

### 2.3. Definición de términos básicos

✓ **Asfalto:**

Sustancia de color negro que procede de la destilación del petróleo crudo, se encuentra en grandes depósitos naturales, y se utiliza para pavimentar carreteras y como revestimiento impermeable de muros y tejados (RAE).

✓ **Agregado:**

Material granular proveniente de roca triturada usado para mezclar en diferentes tamaños.

✓ **Agregado fino:**

Se denomina agregado fino al que pasa de la malla N°

✓ **Agregado grueso:**

Se denomina agregado grueso al que retiene de la malla N° 4.

✓ **Abrasión.**

Desgaste de un material causado por agentes externos ocasionados por agentes físicos y químicos.

✓ **Compactación:**

Acto de comprimir un volumen de material en uno más pequeño.

✓ **Cemento asfáltico.**

Es el PEN que se usa para realizar la combinación con los áridos.

✓ **Deformación:**

Es cualquier cambio que presenta un pavimento respecto a su forma inicial.

✓ **Filler.**

Polvo mineral fino que podrá ser cemento hidráulico, cal u otro material inerte, libre de materia orgánica y partículas de arcilla. Debe cumplir la siguiente granulometría: Para tamices de 0,630, 0,315 y 0,080 el porcentaje que pasa en peso es de 100, 95 a 100 y 70 a 100 % respectivamente.

✓ **Granulometría.**

Análisis y distribución del material por las mallas normadas de acuerdo el uso que se dará al material sea para asfalto, concreto o para suelos.

✓ **Mezcla asfáltica en caliente:**

Mezcla de agregado más cemento asfáltico que deben ser colocadas y compactadas a altas temperaturas.

✓ **Método Marshall.**

Método normado por la EG 2013 para poder utilizarlo en el diseño de asfalto para los pavimentos flexibles.

✓ **Peso Específico: “**

Es la proporción del peso de cualquier volumen de material al peso de un volumen igual de agua, ambos a un temperatura determinada” (Instituto de Asfalto).

✓ **Pavimento flexible:**

Está constituido por capas que permiten transmitir cargas de tránsito hacia el terreno natural sin que ese se deforme.

✓ **Partícula fracturada.**

Agregado fisurado con uno o dos vértices que consiste a una o dos caras fracturadas.

✓ **Tamizado.**

Método de realizar el análisis granulométrico de un material que se separa por pesos de acuerdo al retenido en cada malla.

✓ **Vacíos de aire.**

Espacios pequeños llenados de aire en un material que se encuentre compactado.

✓ **Vacíos en el agregado mineral.**

Los vacíos en el mineral (VAM) son los espacios de aire que existen entre las partículas del agregado en una mezcla compactada de pavimentación.

## **2.4. Hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis General**

Las mezclas asfálticas en caliente presentan resultados positivos el cual garantiza a través de sus propiedades físico – mecánico el buen comportamiento frente a los esfuerzos producidos por cargas vehiculares y agentes meteorológicos.

### **2.4.2. Hipótesis Específicas**

- a) La Adherencia estará identificada directamente sobre la dosificación de cemento asfáltico el cual estará vinculado a la combinación de agregados evaluados mediante sus propiedades físicas de las mezclas asfálticas en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo.

- b) La adecuada Estabilidad - Flujo mejora el comportamiento mediante las propiedades físico – mecánico de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo.
  
- c) La incorporación de aditivo RICOT – Z establece una adecuada Resistencia Retenida (TSR) mejorando las propiedades físicas de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo.
  
- d) El control de la deflexión permitirá analizar la condición estructural sobre las propiedades físico – mecánico de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo.

## **2.5. Variables**

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

Variable Independiente (X):

- Mezclas asfálticas en Caliente

Cantidades o proporciones que se necesitan para realizar el diseño de asfalto en caliente.

Variable Dependiente (Y):

- Comportamiento físico - mecánico.

El comportamiento físico – mecánico de las mezclas asfálticas en caliente está determinada por los materiales empleados tanto en su dosificación en caso del cemento asfáltico, con lo cual permitirá obtener propiedades de durabilidad, adhesión, estabilidad, elasticidad, plasticidad, deflexión.

### 2.5.2. Definición operacional de las variables

La variable independiente: mezclas asfálticas en caliente, está en relación con la variable dependiente: comportamiento físico - mecánico, puesto que para obtener un óptimo comportamiento estructural se necesita de proporciones o mezclas asfálticas en caliente adecuadas que lleguen a cumplir con los requerimientos de calidad que nos exigen el manual de carreteras.

### 2.5.3. Operacionalización de las Variables

**Tabla N° 15: Operacionalización de variables e indicadores**

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTO
V.I.	Mezclas asfálticas en Caliente	Ensayo Lottman con RICOT - Z	Procedencia de agregados pétreos	Distribución de los agregados y su adherencia con la mezcla, cuadros de diseño.
			Dosificación de PEN	
			Grado de adherencia	
		Diseño por el método Marshall	Granulometría	Hojas de cálculo, cuadros de diseño según el método Marshall
Cantidad de agregados				

			Contenido de asfalto	
		Evaluación RICE	Densidad máxima	Hojas de cálculo, cuadros de diseño
		Ensayo de la viga Benkelman	Comportamiento estructural	Deflectometria
V.D.	Comportamiento físico-mecánico.	Adherencia de la mezcla	Combinación granulométrica	Gravedad específica
			Dosificación de PEN	
		Estabilidad	Resistencia	Resultados de la prensa Marshall.
			Durabilidad	
		Flujo	Deformación	Resultados de la prensa Marshall Picnómetro
Deflexión	Deflectometria	Grafica de deflexiones.		

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Método de la investigación**

El método general de investigación fue el científico ya que se basan en un enfoque general para comprender lo específico, por otra parte la experimentación y la observación se basan en sacar conclusiones de un hecho, determinando sus cualidades y características y emplear las variables.

#### **3.2. Tipo de investigación**

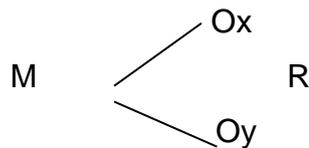
El tipo de estudio fue el aplicado de enfoque cuantitativo ya que se basa en la aplicación de la teoría a la solución de problemas y circunstancias objetivas, para ello se utiliza los conocimientos adquiridos de los manuales que determinará la evaluación y el diseño de mezclas asfálticas en caliente, es decir de la teoría a la práctica.

### 3.3. Nivel de la investigación

El presente trabajo de investigación tuvo un nivel descriptivo ya que describe hechos y circunstancias propios de la evaluación y diseño teniendo en cuenta los aspectos técnicos, así mismo las variables se encuentran relacionadas afectando uno de ellos al alterar la otra variable.

### 3.4. Diseño de investigación

El tipo de diseño fue el no experimental ya que se ocupa de la descripción de las características de los diferentes componentes y su relación con sus comportamientos concretos como se visualiza en la realidad.



**Dónde:**

M = Muestra poblacional

Ox = observación de la primera variable

Oy = observación de la segunda variable

R = Niveles de relación explicativo de causalidad

### 3.5. Población y muestra

#### 3.5.1. Población.

La población de estudio estuvo constituida por la carretera Mazamari – Pangoa - Cubantía que comprende 34+530 km, ubicado en el departamento de Junín, provincia de Satipo y afecta a los distritos de Mazamari y Pangoa.

### **3.5.2. Muestra.**

El tipo de muestro fue el no aleatorio o dirigido, y que para la presente tesis se seleccionó el tramo que comprende del km 2+000 al km 3+000, siendo esta 1 km.

### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

La técnicas a utilizar en la presente tesis es la observacional ya que se realizaron ensayos previos de los agregados, cemento asfáltico, teniendo como referencia el Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG - 2013 (del Ministerio de Transportes y Comunicaciones) para luego realizar los ensayos de Marshall, ensayos complementarios utilizando un aditivo mejorador de adherencia Ricot – Z, con el fin de determinar las propiedades físico- mecánico de las mezclas asfálticas y su comportamiento de la misma.

Los instrumentos de investigación utilizados son los requeridos para el análisis y diseño de mezclas asfálticas, donde los datos ya están establecidos en las normas nacionales e internacionales. A continuación se mostraran los instrumentos usados en laboratorio: balanzas, termómetros, tamizador, horno, aparato Marshall, Baño María, viga Benkelman. Todo ellos para los ensayos correspondientes al diseño de mezclas.

### **3.7. Procesamiento de la información**

Para el procesamiento de datos se utilizaron cuadros de cálculos para presentar resultados del desarrollo de cada etapa del diseño de mezcla asfáltica en caliente mediante el método Marshall, y así mismo se obtiene cuadros comparativos que presentan la información de forma ordenada y para hacer un análisis. El Software que se utilizó principalmente fue el

Excel, para comparar los resultados obtenidos y la presentación de las tablas que nos permitirán analizar los datos obtenidos.

### **3.8. Técnicas y análisis de datos**

En esta etapa se determina como analizar los datos obtenidos de la recolección, los cuales fueron mediante los siguientes softwares:

Se utilizó Microsoft Excel que permite obtener hojas de cálculo, gráficos estadísticos, cuadros comparativos con los datos extraídos, y brinda resultados específicos. Para facilitar el procesamiento se hará uso de tablas, gráficos y la utilización de equipos que nos permitirán desarrollar los ensayos, todos los resultados obtenidos serán cotejas con los parámetros mínimos y máximos que se establecen el manual de carreteras el MTC.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS**

#### **4.1. Presentación de resultados**

##### **4.1.1. Diseño Marshall**

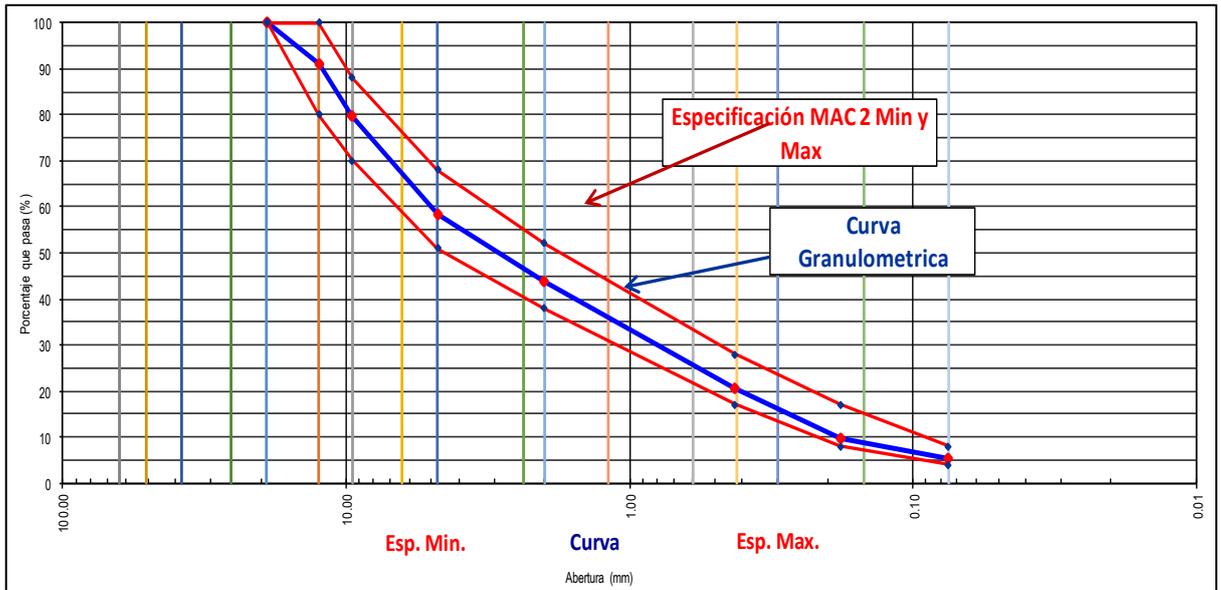
Para el diseño de mezclas asfálticas en caliente por el método Marshall, se realizaron ensayos en laboratorio de los agregados para el diseño de mezcla Asfáltica en Caliente, provenientes de la cantera "Satipo" (Materiales Procesados en la planta de acopio: (Piedra Chancada, Arena Chancada y Arena Natural).

##### **A) Diseño de asfalto (teórico)**

**Tabla N° 16: Combinacion teorico para el diseño**

TAMIZ	COMBINACION TEORICO DISEÑO DE ASFALTO											
	Grava Chancada % Promedio Retenido Parcial		Arena Chancada % Promedio Retenido Parcial		Arena Zarandeado % Promedio Retenido Parcial		%Ret. Parc. Combinación	%Ret. AC.	% Pasa	ESPEC. MAC 2		
	% De Combinación		% De Combinación		% De Combinación							
	26	% Ret. En Mezcla	42	% Ret. En Mezcla	32	% Ret. En Mezcla						
3"							100.0					
2 1/2"												
2"												
1 1/2"												
1"												
3/4"										100	100	100
1/2"	35.0	9.1	% De Grava En Mezcla				9.1	9.1	90.9	80	100	
3/8"	42.5	11.1					11.1	20.2	79.9	70	88	
1/4"												
N° 4	20.3	5.3	34.1	14.3	6.1	2.0	21.6	41.7	58.3	51	68	
N° 8												
N° 10	2.1	0.5	23.2	9.7	13.2	4.2	14.5	56.2	43.8	38	52	
N° 16												
N° 20												
N° 30												
N° 40			22.0	9.2	43.6	14.0	23.2	79.4	20.6	17	28	
N° 50												
N° 80			9.1	3.8	21.8	7.0	10.8	90.2	9.8	8	17	
N° 100												
N° 200			4.3	1.8	7.8	2.5	4.3	94.5	5.5	4	8	
< N° 200			7.4	3.1	7.5	2.4	5.5	100.0				
	100	26	100	42	100	32	100					

Fuente: Elaboracion Propia.



**Gráfico N° 01: Curva granulométrica (MAC 2)**

Fuente: Elaboración Propia.

**Tabla N° 17: Combinación de Agregados**

OBSERVACIONES:	DOSIFICACION:	% DISEÑO	% MEZCLA
Grava triturada 3/4"		26 %	41.702 %
Arena triturada 3/8"		42 %	58.298 %
Arena Zarandeada 3/8"		32 %	

Fuente: Elaboracion Propia.

**B) Ensayo Marshall para encontrar el optimo**

**1. Marshall con 4.5%**

**Tabla N° 18: Requerimientos para los agregados**

Tamices ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200
% Pasa Material	100	90.9	79.9	58.3	43.8	20.6	9.8	5.5

Especificaciones	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8
------------------	-----------	----------	---------	---------	---------	---------	--------	-------

Fuente: Elaboracion Propia.

**Tabla N° 19: Calculos Marshall con 4.5%, según las especificaciones**

MARSHALL CON 4.5%		
BRIQUETAS	PROM.	ESP. TEC.
C. Asfáltico en peso de la mezcla	4.50	
P. Esp. Bulk de la briqueta	2.339	
Vacíos	7.3	3 - 5
V.M.A.	17.8	Mín. 14
Vacíos llenos con C. Asfáltico	58.8	
Flujo	2.794	2.03 - 3.56
Estabilidad corregida	1105	Mín. 815
Factor de rigidez	3956	1700 - 4000

Fuente: Elaboracion Propia.

## 2. Marshall con 5%

**Tabla N° 20: Calculos Marshall con 5%, según las especificaciones**

MARSHALL CON 5%		
BRIQUETAS	PROM.	ESP. TEC.
C. Asfáltico en peso de la mezcla	5.00	
P. Esp. Bulk de la briqueta	2.358	
Vacíos	6.3	3 - 5
V.M.A.	17.2	Mín. 14
Vacíos llenos con C. Asfáltico	63.2	
Flujo	3.048	2.03 - 3.56
Estabilidad corregida	1161	Mín. 815
Factor de rigidez	3808	1700 - 4000

Fuente: Elaboracion Propia.

### 3. Marshall con 5.5%

**Tabla N° 21: Calculos Marshall con 5.5%, según las especificaciones**

MARSHALL CON 5.5%		
BRIQUETAS	PROM.	ESP. TEC.
C. Asfáltico en peso de la mezcla	5.50	
P. Esp. Bulk de la briqueta	2.368	
Vacíos	5.0	3 - 5
V.M.A.	17.2	Mín. 14
Vacíos llenos con C. Asfáltico	71.3	
Flujo	3.387	2.03 - 3.56
Estabilidad corregida	1272	Mín. 815
Factor de rigidez	3758	1700 - 4000

Fuente: Elaboracion Propia.

### 4. Marshall con 6%

**Tabla N° 22: Calculos Marshall con 6%, según las especificaciones**

MARSHALL CON 6%		
BRIQUETAS	PROM.	ESP. TEC.
C. Asfáltico en peso de la mezcla	6.00	
P. Esp. Bulk de la briqueta	2.387	
Vacíos	3.3	3 - 5
V.M.A.	17.0	Mín. 14
Vacíos llenos con C. Asfáltico	80.4	
Flujo	3.310	2.03 - 3.56
Estabilidad corregida	1281	Mín. 815
Factor de rigidez	3363	1700 - 4000

Fuente: Elaboracion Propia.

## 5. Marshall con 6.5%

**Tabla N° 23: Calculos Marshall con 6.5%, según las especificaciones**

MARSHALL CON 6.5%		
BRIQUETAS	PROM.	ESP. TEC.
C. Asfáltico en peso de la mezcla	6.50	
P. Esp. Bulk de la briqueta	2.394	
Vacíos	2.3	3 - 5
V.M.A.	16.5	Mín. 14
Vacíos llenos con C. Asfáltico	85.8	
Flujo	4.403	2.03 - 3.56
Estabilidad corregida	1107	Mín. 815
Factor de rigidez	2516	1700 - 4000

Fuente: Elaboracion Propia.

## C) Gravedad específica de mezcla bituminosa (RICE)

**Tabla N° 24: Densidad maxima teorica RICE de diseño**

DENSIDAD MAXIMA TEORICA RICE DE DISEÑO						
ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5
CEMENTO ASFALTICO	%	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
PESO DEL MATERIAL	gr	1225.6	1214.5	1216.0	1225.0	1234.5
PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	gr	7925.0	7928.0	7924.0	7926.0	7929.0
PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (en aire)	gr	9150.6	9142.5	9140.0	9151.0	9163.5
PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (en agua)	gr	8665.0	8660.0	8652.0	8655.0	8660.0
VOLUMEN DEL MATERIAL	cc	485.6	482.5	488.0	496.0	503.5
PESO ESPECIFICO MAXIMO	gr/cc	2.524	2.517	2.492	2.470	2.452
<b>DOSIFICACION :</b>						
GRAVA 3/4"	%	26.0				
ARENA TRITURADA 3/8"	%	42.00				
ARENA NATURAL 3/8"	%	32.0				
CAL HIDRATADA	%	0.00				
PEN		60-70				

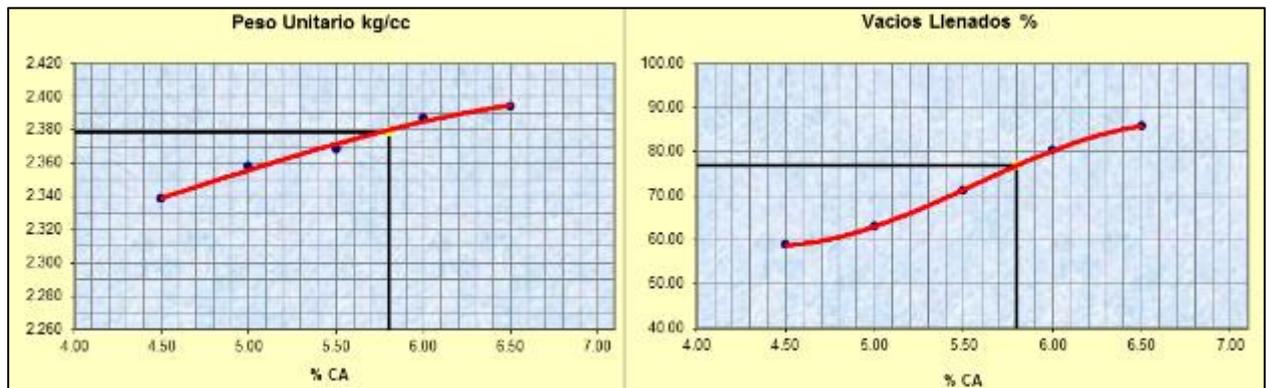
Fuente: Elaboracion Propia.

### D) Determinación del óptimo contenido de cemento asfáltico

**Tabla N° 25: Óptimo contenido de cemento asfáltico**

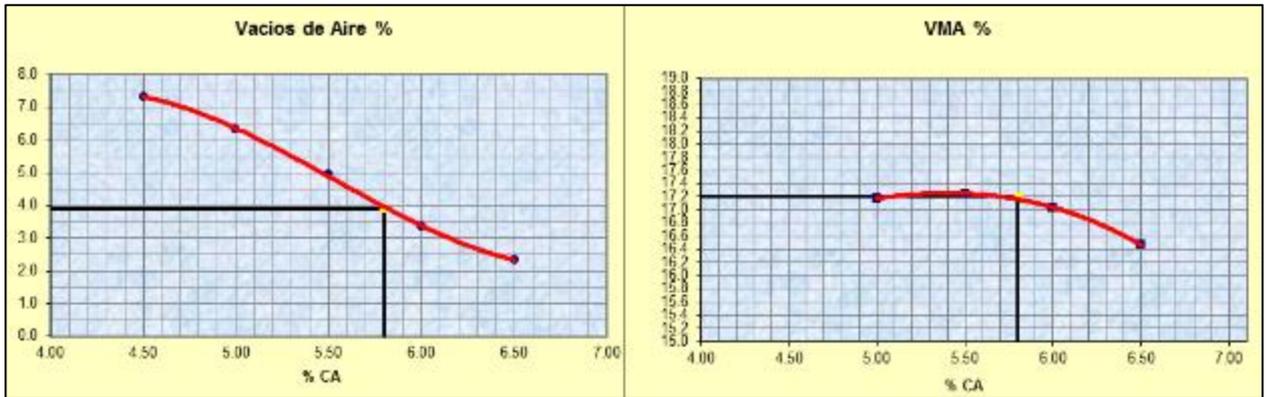
RESUMEN DE RESULTADOS			
GOLPES POR LADO		75	75
CEMENTO ASFALTICO	%	5.80	
PESO UNITARIO	gr/c.c.	2.379	
VACIOS	%	3.9	3 - 5
V.M.A.	%	17.2	14 Mín
VACIOS LLENOS CON C.A.	%	77.0	
FLUJO	mm.	3.640	2.03 - 3.56
ESTABILIDAD	kg.	1302	815 Mín
FACTOR DE RIGIDEZ	kg/cm.	3605	1700 - 4000
INDICE DE COMPACTIBILIDAD	%	6.64	5 Mín
ESTABILIDAD RETENIDA	%	84.8	70 Mín

Fuente: Elaboracion Propia.



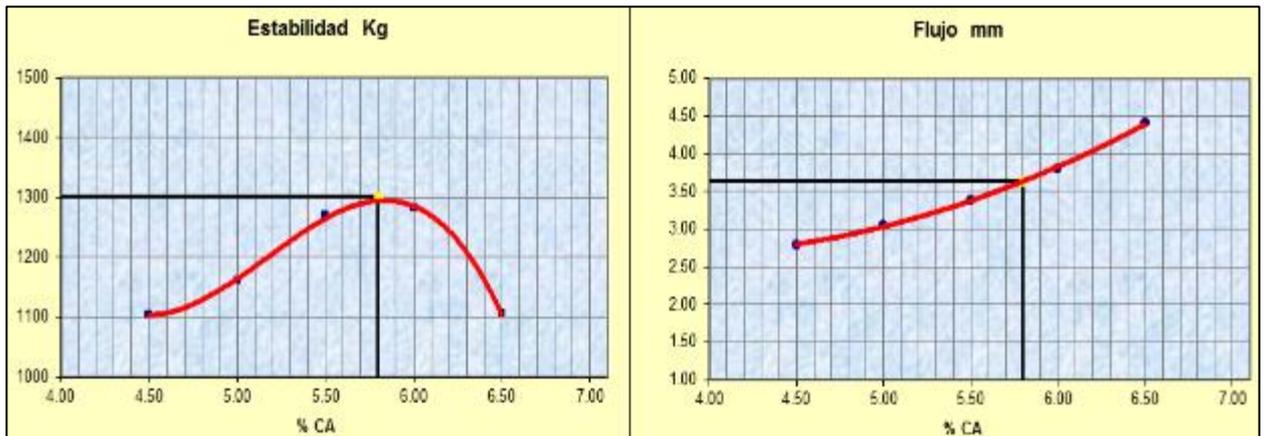
**Grafica N° 02: Peso unitario y Vacíos llenados**

Fuente: Elaboracion Propia.



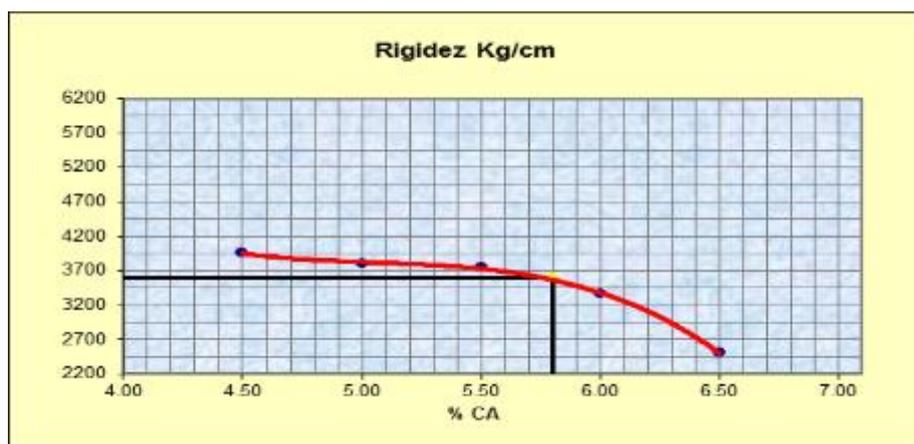
**Grafica N° 03: Vacíos de aire y VMA**

Fuente: Elaboracion Propia.



**Grafica N° 04: Estabilidad y flujo**

Fuente: Elaboracion Propia.



**Gráfica N° 05: Rigidez**

Fuente: Elaboracion Propia.

**E) Marshall óptimo 5.8%**

**1. Primer ensayo Marshall con el óptimo 5.8%**

**Tabla N° 26: Primer ensayo Marshall con 5.8%, según las especificaciones**

MARSHALL OPTIMO 5.8%		
BRIQUETAS	PROM.	ESP. TEC.
C. Asfáltico en peso de la mezcla	5.80	
P. Esp. Bulk de la briqueta	2.368	
Vacíos	4.3	3 - 5
V.M.A.	17.5	Mín. 14
Vacíos llenos con C. Asfáltico	75.7	
Flujo	3.556	2.03 - 3.56
Estabilidad corregida	1292	Mín. 815
Factor de rigidez	3632	1700 - 4000

Fuente: Elaboracion Propia.

**2. Segundo ensayo Marshall con el óptimo 5.8%**

**Tabla N° 27: Segundo ensayo Marshall con 5.8%, según las especificaciones**

MARSHALL OPTIMO 5.8%		
BRIQUETAS	PROM.	ESP. TEC.
C. Asfáltico en peso de la mezcla	5.80	
P. Esp. Bulk de la briqueta	2.364	
Vacíos	4.0	3 - 5
V.M.A.	17.7	Mín. 14
Vacíos llenos con C. Asfáltico	77.6	
Flujo	3.471	2.03 - 3.56
Estabilidad corregida	1278	Mín. 815
Factor de rigidez	3688	1700 - 4000

Fuente: Elaboracion Propia.

### 3. Tercer ensayo Marshall con el óptimo 5.8%

**Tabla N° 28: Tercer ensayo Marshall con 5.8%, según las especificaciones**

MARSHALL OPTIMO 5.8%		
BRIQUETAS	PROM.	ESP. TEC.
C. Asfáltico en peso de la mezcla	5.80	
P. Esp. Bulk de la briqueta	2.364	
Vacíos	4.2	3 - 5
V.M.A.	17.7	Mín. 14
Vacíos llenos con C. Asfáltico	76.4	
Flujo	3.471	2.03 - 3.56
Estabilidad corregida	1304	Mín. 815
Factor de rigidez	3759	1700 - 4000

Fuente: Elaboracion Propia.

### F) RICE optimo

**Tabla N° 29: Densidad maxima teorica RICE de diseño**

ENSAYO	Nº	Optimo 1	Optimo 1	Optimo 1
CEMENTO ASFALTICO	%	5.80	5.80	5.80
PESO DEL MATERIAL	gr	1232.1	1233.0	1231.0
PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	gr	7927.0	7928.0	7928.0
PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (en aire)	gr	9159.1	9161.0	9159.0
PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (en agua)	gr	8661.0	8660.0	8660.0
VOLUMEN DEL MATERIAL	cc	498.1	501.0	499.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO	gr/cc	2.474	2.461	2.467
<b>DOSIFICACION :</b>				
GRAVA 3/4"	%	26.0	26.0	26.0
ARENA TRITURADA 3/8"	%	42.00	42.00	42.00
ARENA NATURAL 3/8"	%	32.00	32.00	32.00
PEN		60-70	60-70	60-70

Fuente: Elaboracion Propia.

#### **4.1.2. Ensayos complementarios**

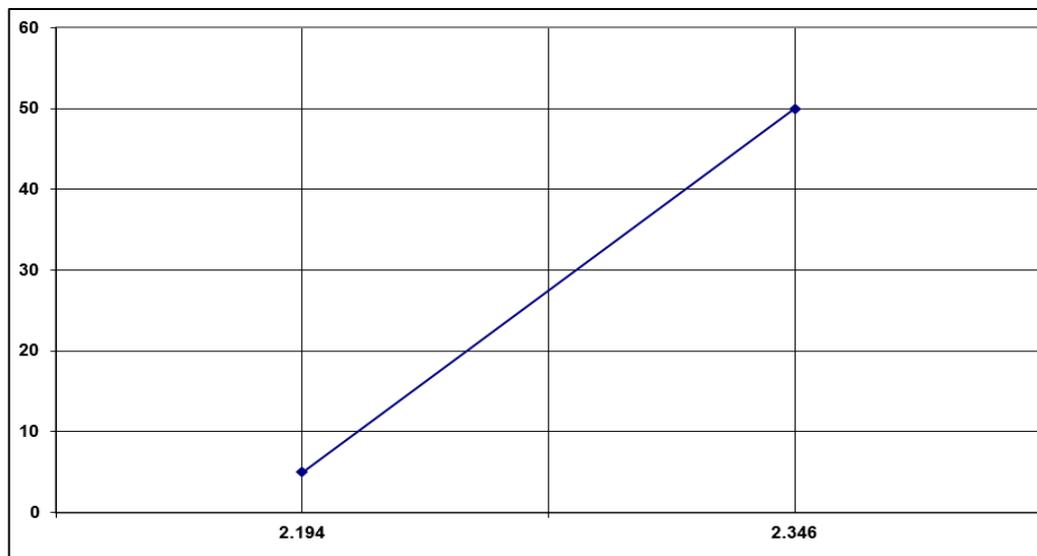
##### **A) Ensayo de índice de compatibilidad**

##### **1. Primer ensayo**

**Tabla N° 30: Primer ensayo de índice de compatibilidad**

Nº de Muestras	1	2	3	1	2	3
Nº de Golpes Marshall	5	5	5	50	50	50
1,- Peso Briqueta al Aire	1222.3	1222.3	1223.3	1219.1	1211.9	1213.3
2,- Peso Briqueta Saturada con Superf. Seca	1235.0	1226.2	1226.6	1221.1	1213.3	1214.3
3,- Peso por Desplazamiento	677.8	671.0	667.0	701.4	698.0	696.0
4,- Volumen de la Briqueta	557.2	555.2	559.6	519.7	515.3	518.3
5,- Peso Unitario ( Gr./cc )	2.194	2.202	2.186	2.346	2.352	2.341
PROMEDIOS	2.194			2.346		
IC	6.56					

Fuente: Elaboracion Propia.



**Grafica N° 06: Primer ensayo de índice de compatibilidad**

Fuente: Elaboracion Propia.

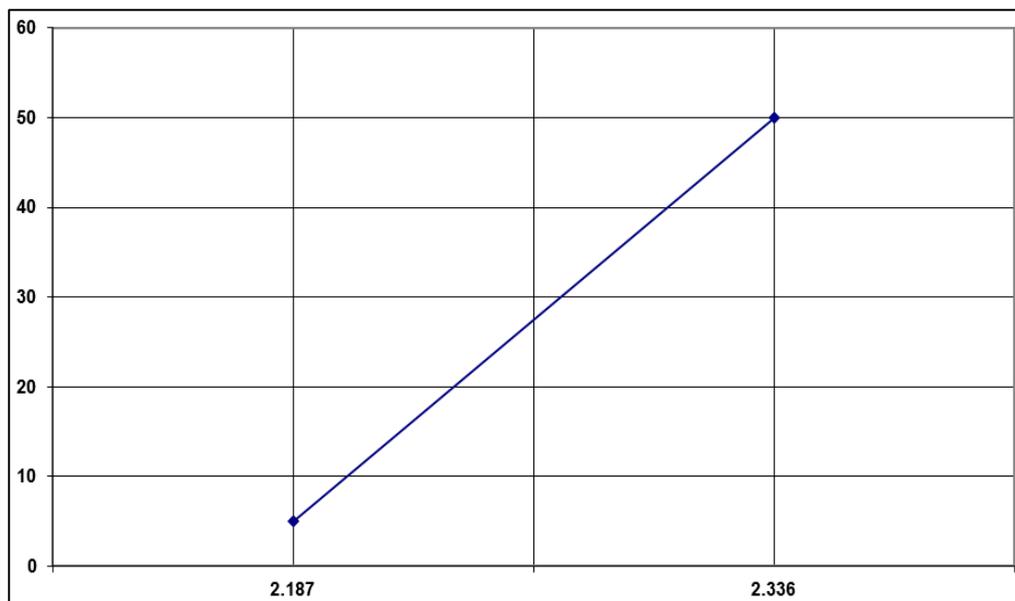
## 2. Segundo ensayo

**Tabla N° 31: Segundo ensayo de índice de compatibilidad**

N° de Muestras	1	2	3	1	2	3
N° de Golpes Marshall	5	5	5	50	50	50
1,- Peso Briqueta al Aire	1223.3	1221.3	1223.3	1222.0	1216.6	1245.5
2,- Peso Briqueta Saturada con Superf. Seca	1236.0	1225.6	1226.5	1223.3	1217.6	1246.5
3,- Peso por Desplazamiento	678.6	668.0	664.0	700.0	697.6	713.0
4,- Volumen de la Briqueta	557.4	557.6	562.5	523.3	520.0	533.5
5,- Peso Unitario ( Gr./cc )	2.195	2.190	2.175	2.335	2.340	2.335
PROMEDIOS	2.187			2.336		
IC	6.67					

Fuente: Elaboracion Propia.

**Grafica N° 07: Segundo ensayo de índice de compatibilidad**



Fuente: Elaboracion Propia.

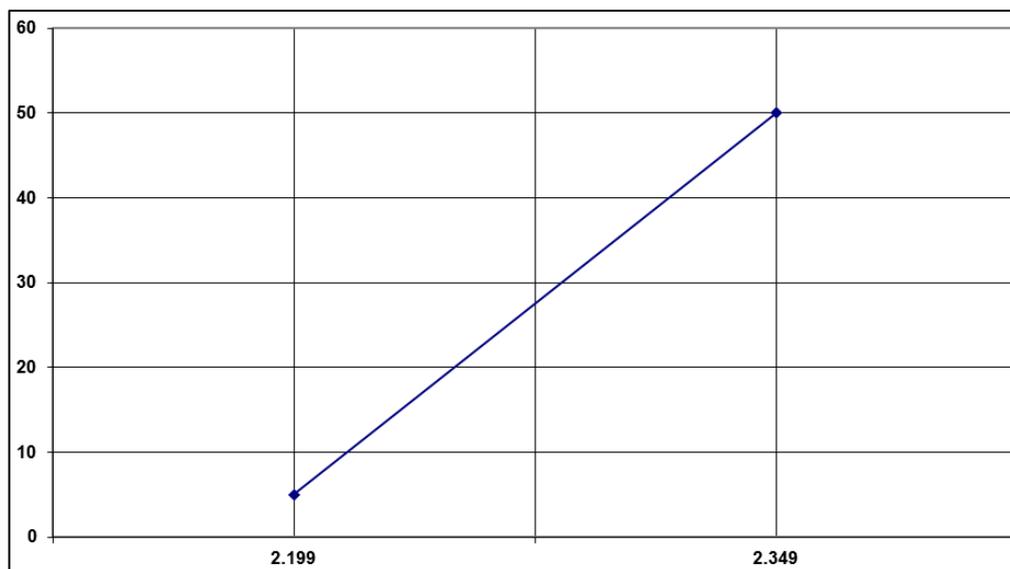
### 3. Tercer ensayo

**Tabla N° 32: Tercer ensayo de índice de compatibilidad**

N° de Muestras	1	2	3	1	2	3
N° de Golpes Marshall	5	5	5	50	50	50
1,- Peso Briqueta al Aire	1221.2	1223.0	1223.3	1235.3	1234.3	1243.3
2,- Peso Briqueta Saturada con Superf. Seca	1236.0	1227.6	1228.6	1236.3	1235.6	1245.3
3,- Peso por Desplazamiento	679.6	673.0	672.0	710.8	712.6	713.0
4,- Volumen de la Briqueta	556.4	554.6	556.6	525.5	523.0	532.3
5,- Peso Unitario ( Gr./cc )	2.195	2.205	2.198	2.351	2.360	2.336
PROMEDIOS	2.199			2.349		
IC	6.69					

Fuente: Elaboracion Propia.

**Grafica N° 08: Tercer ensayo de índice de compatibilidad**



Fuente: Elaboracion Propia.

## B) Ensayo de estabilidad retenida

Tabla N° 33: Ensayo de estabilidad retenida (24 horas)

N° DE PROBETAS		Estabilidad Retenida 30 min			Estabilidad Retenida 24 Horas		
		1	2	3	4	5	6
1	Contenido de Cemento Asfáltico	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0
2	Peso Probeta al Aire	1214.3	1212.2	1215.8	1211.2	1210.4	1212.7
3	Peso de la Probeta Saturada ( 01 Hora )	1215.7	1213.5	1217.3	1212.2	1211.1	1213.6
4	Peso de la Probeta en el Agua	701.3	700.3	703.2	700.7	699.6	700.4
5	Volumen de la Probeta	514.4	513.2	514.1	511.5	511.5	513.2
6	Peso Específico Bulk de la Probeta	2.361	2.362	2.365	2.368	2.366	2.363
7	Lectura del Dial Anillo Marshall	1385	1381	1329	1152	1154	1166
8	Estabilidad sin Corregir	1385	1381	1329	1152	1154	1166
9	Factor Estabilidad	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10	Estabilidad Corregida (kg.)	1385	1381	1329	1152	1154	1166
11	Promedio Estabilidad ( 30 Minutos )	1365					
12	Promedio Estabilidad ( 24 Horas )				1157		
13	Estabilidad Retenida ( % )	84.8					

Fuente: Elaboracion Propia.

## C) Ensayo de adherencia agregado grueso - Bitumen

Con aditivo RICOT Z 0.5%

**Tabla N° 34: Resultdo del ensayo adherencia**

% DEL DISEÑO	% DE GRAVA	% DE ARENA CHANCADA	% DE ARENA ZARANDEADA	OBSERVACIONES
	26%	42%	32%	
Muestra		1	2	PROMEDIO
tipo de asfalto ( grado de penetración )		PEN 60/70	PEN 60/70	
numero de partículas		242	249	
numero de partículas desprendidas		5	5	
numero de partículas cubiertas después del ensayo		237	244	
porcentaje de adherencia		97.9	98.0	98.0
			Especificación	+95

Fuente: Elaboracion Propia.

#### D) Ensayo Lottman

##### 1. Ensayo Lottman sin aditivo mejorador de adherencia

**Tabla N° 35: Resultdo del ensayo lotman sin aditivo**

% De Los Agregados y Contenido De Cemento Asfaltico De Diseño MAC	Óptimo De Cemento Asfaltico 5.80%	Grava Chancada 26.00%	
	Arena Chancada 42.00%	Arena Zarandeada 32.00%	
Nº golpes por cara:	13	Grupo Saturado	Grupo Seco
MUESTRA SATURADA EN VACIO 19 A 28" Hg. de 5 a 15min. Agua destilada 60°C			
CONDICION DE SATURACION A 24Hrs. Baño María 60°C			
<b>TSR</b>	<b>%</b>	<b>68.4</b>	

Fuente: Elaboracion Propia.

- Compactación variable

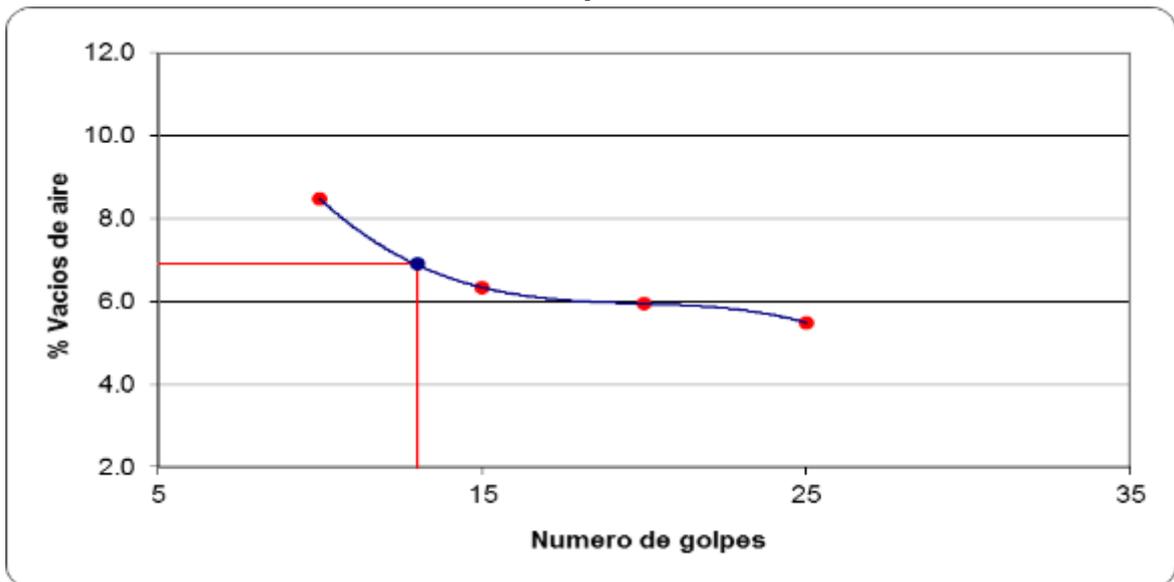
**Tabla N° 36: Resultado de compactación variable**

% De Los Agregados y Contenido De Cemento Asfáltico De Diseño MAC	Óptimo De Cemento Asfáltico 5.80%	Grava Chancada 26.00%	
	Arena Chancada 42.00%	Arena Zarandeada 32.00%	
<b>% cemento asfáltico:</b>	<b>5.8%</b>		<b>Promedio</b>
<b>Nº golpes por cara:</b>	<b>10</b>	% vacíos	8.5
<b>Nº golpes por cara:</b>	<b>15</b>	% vacíos	6.3
<b>Nº golpes por cara:</b>	<b>20</b>	% vacíos	5.9
<b>Nº golpes por cara:</b>	<b>25</b>	% vacíos	5.5

Fuente: Elaboracion Propia.

- Compactación variable

**Gráfico N° 09: Compactación variable**



<b>Nº golpes</b>	<b>% vacíos</b>
<b>13</b>	<b>6.90</b>

Fuente: Elaboracion Propia.

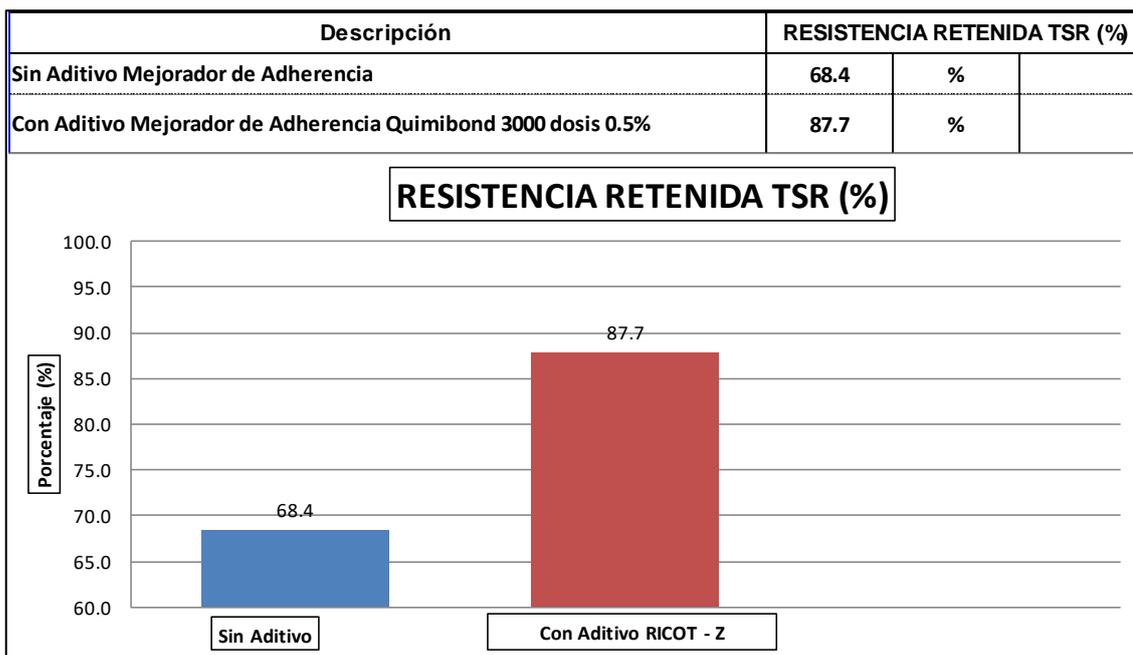
## 2. Ensayo Lottman con aditivo mejorador de adherencia

**Tabla N° 37: Resultdo del ensayo lotman con aditivo**

% De Los Agregados y Contenido De Cemento Asfaltico De Diseño MAC	Óptimo De Cemento Asfaltico 5.80%		Grava Chancada 26.00%
	Arena Chancada 42.00%		Arena Zarandeada 32.00%
Nº golpes por cara:	13	Grupo Saturado	Grupo Seco
MUESTRA SATURADA EN VACIO 19 A 28" Hg. de 5 a 15min. Agua destilada 60°C			
CONDICION DE SATURACION A 24Hrs. Baño María 60°C			
<b>TSR</b>	<b>%</b>	<b>87.7</b>	

Fuente: Elaboracion Propia.

## 3. Comparación de los ensayos con y sin aditivo



**Gráfico N° 10: Ensayo Lottman**

Fuente: Elaboracion Propia.

### E) Ensayo de inmersión – compresión

**Tabla N° 38: Resultdo del ensayo de inmersión – compresión**

GRUPO SECO		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	<b>2.637 Mpa</b>	
Resistencia Promedio Grupo 1 :	2.6 Mpa	
<b>Especificación Min.</b>	2.1 Mpa	<b>Cumple</b>
GRUPO SATURADO		
<b>Resistencia a la Compresión</b>	<b>2.2 Mpa</b>	
<b>Resistencia Promedio Grupo 2 :</b>	2.2 Mpa	
<b>Especificación Min.</b>	2.1 Mpa	<b>Cumple</b>
<b>Resistencia retenida (min=70%).</b>	85 %	<b>Cumple</b>

Fuente: Elaboracion Propia.

- Pesos Unitarios calculados a 25°C
- Briquetas expuestas a inmersión durante 24 horas a 60°C, luego sumergidas en agua por dos horas a 25°C
- Prensa de concreto

## F) Cuadro de resumen de valores de diseño

Tabla N° 39: Valores de diseño de mezclas asfáltica en caliente

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN		VALORES DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE					
		MIN	MAX	Teórico Grafica	Verificación Diseño	Verificación Diseño	Verificación Diseño	Promedio	Observaciones
Piedra Chancada	%			26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	
Arena Chancada	%			42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	
Arena Zarandeada	%			32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	
Cemento Asfáltico	%			5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	Pen 60-70
Peso Específico Probeta	Kg/cm <sup>3</sup>	--	--	2.379	2.368	2.364	2.364	2.365	
Vacios	%	3.0	5.0	3.9	4.3	4.0	4.2	4.2	Cumple
V.M.A	%	14.0	--	17.2	17.5	17.7	17.7	17.6	Cumple
Flujo	mm	2.0	3.56	3.64	3.56	3.47	3.47	3.50	Cumple
Estabilidad	Kg.	815	--	1302	1292	1278	1304	1291	Cumple
Factor de rigidez	Kg/cm.	1700	4000	3605	3632	3688	3759	3693	Cumple
Índice De Compactibilidad	%	5.0	--	--	6.6	6.67	6.7	6.6	Cumple

Estabilidad Retenida	%	70.0	--	--	--	84.8	--	84.8	Cumple
Relación Polvo/Asfáltico	%	0.6	1.3	--	0.95	0.95	0.95	0.95	Cumple
Adherencia Grava	%	+95	--	--	--	98.0	--	98.0	Cumple
Lottman (Sin Aditivo)	%	70	--	--	--	--	68.4	68.4	No Cumple
Lottman Con Aditivo RICOT- Z 0.5%	%	70	--	--	--	--	87.70	--	Cumple
Inmersión y Compresión Estado Seco	Mpa	2.1	--	--	--	2.20	--	--	Cumple

Fuente: Elaboracion Propia.

#### 4.1.3. Parámetros para el diseño

##### A) Alcances

Los trabajos de mecánica de Suelos y Asfalto se han desarrollado con la finalidad de investigar las características de los materiales que van ser utilizados en la mezcla asfáltica.

La ejecución de la Obra tiene por objetivo rehabilitar y mejorar las condiciones de transitabilidad de la vía de la carretera Ciudad Mazamari – Pangoa – Cubantía.

La mezcla asfáltica en caliente para empleo en pavimentación se compondrá de agregados minerales gruesos, finos, material bituminoso.

Las mezclas asfálticas que se especifican en esta investigación corresponden al tipo: Mezcla Asfáltica en Caliente MAC-2. PEN 60 – 70.

## B) Labores desarrolladas

Se realizaron ensayos en laboratorio de los agregados para el diseño de mezcla Asfáltica en Caliente, provenientes de la cantera "Satipo" ubicada en acceso puente Cashingari L/D (Materiales Procesados en la planta de acopio km 28+500 L/I: (Piedra Chancada, Arena Chancada y Arena Natural).

Los materiales a utilizar serán los que se especifican a continuación:

### 1. Agregados Gruesos

Los agregados gruesos deben cumplir con los siguientes requerimientos:

**Tabla N° 40: Requerimientos para los agregados gruesos**

Ensayos a Realizar	Norma	Requerimiento
Durabilidad (Sulfato de Sodio)	MTC E 209	12% máx.
Durabilidad (Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.
Partículas chatas y alargadas	MTC E 221	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.
Absorción	MTC E 206	1% máx.
Adherencia	MTC E 519	+95

Fuente: Elaboracion Propia.

Nota: La notación "85 - 50" indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas.

## 2. Agregados minerales finos

Los agregados finos deberán cumplir con los requerimientos siguientes:

**Tabla N° 41: Requerimientos para los agregados finos**

Ensayos a Realizar	Norma	Requerimiento
Equivalente de Arena	MTC E 209	45% mín.
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	4% mín.
Índice de Plasticidad (malla N°40)	MTC E 111	NP
Índice de Plasticidad (malla N°200)	MTC E 111	4% max
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.
Absorción	MTC E 205	0.5% máx.

Fuente: Elaboracion Propia.

Además de los requisitos de calidad que debe tener el agregado grueso y fino, el material de la mezcla de los agregados debe estar libre de grumos de arcilla o polvos perjudiciales, tampoco deberá contener materia orgánica y otros materiales perjudicables. (Se adjunta los ensayos correspondientes).

## 3. Gradación

La gradación de la mezcla asfáltica deberá responder al siguiente uso granulométrico.

**Tabla N° 42: Uso granulométrico**

Tamiz	Porcentajes que pasa
	MAC-2
19.0 mm (3/4")	100
12.5 mm (1/2")	80 – 100
9.5 mm (3/8")	70 – 88
4.75 mm (N° 4)	51 – 68
2.00 mm (N° 10)	38 – 52
0.42 mm (N° 40)	17 – 28
0.18 mm (N° 80)	8 – 17
0.074 mm (N° 200)	4 – 8

Fuente: Elaboracion Propia.

#### **4. Cemento Asfáltico**

El cemento asfáltico a emplearse en la mezcla asfáltica en caliente es el pen 60 – 70, está clasificada por viscosidad absoluta y por penetración. Su empleo será según las características climáticas de la región con la correspondiente carta viscosidad.

#### **C)Diseño de mezcla asfáltica**

## 1. Agregado Grueso

### Piedra chancada

Material proveniente de la cantera “Satipo” ubicada en KM= 0+000 .L/I, producto del chancado del material grueso, teniendo para su preparación mallas de TM de  $\frac{3}{4}$ ". Este material se procesa en la Planta Industrial ubicada en el acopio (km- 28+500 L/I) Carretera Mazamari – Pangoa – Cubantía.

**Tabla N° 43: Resumen de las propiedades del agregado grueso**

Ensayos	Norma	Requerimiento	Resultado	Observ.
Durabilidad (Sulfato de Sodio)	MTC E 209	12% máx.	-	
Durabilidad (Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	6.0%	Cumple
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	27.5%	Cumple
Partículas chatas y alargadas	MTC E 221	10% máx.	5.1%	Cumple
Caras fracturadas con cara	MTC E 210	85 min	92.7%	Cumple
Caras fracturadas con dos a más cara	MTC E 210	50 min	86.4%	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.096%	Cumple
Absorción	MTC E 206	1% máx.	0.960%	Cumple
Adherencia	MTC E 519	+95	+98 %	Cumple

Fuente: Elaboracion Propia.

Según el resumen, se aprecia que los agregados gruesos cumplen satisfactoriamente lo exigido en las Especificaciones técnicas del proyecto.

#### **Arena chancada < 3/8"**

Material proveniente del chancado de la piedra pasante de la malla 3/8". Este material se encuentra acopiado en la Planta Industrial (km: 28+500 L/I).

#### **Arena zarandeada < 3/8"**

Material proveniente de cantera Satipo, el mismo que es procesado con una zaranda mecánica de 3/8" para luego transportarlo a la zona de acopio ubicado en la Planta Industrial del (km: 28+500 L.I.). Los agregados finos deberán cumplir con los requerimientos siguientes:

**Tabla N° 44: Requerimientos para los agregados finos (mezcla de arenas)**

<b>Ensayos</b>	<b>Norma</b>	<b>Requerimiento</b>	<b>Resultado de la mezcla de arenas</b>	<b>Observ.</b>
Equivalente de Arena	MTC E 209	45% mín.	72.5%	Cumple
(Riedel Weber)	MTC E 220	4% mín.	-	-
IP (malla N°40)	MTC E 111	NP	NP	Cumple
IP (malla N°200)	MTC E 111	4% máx.	3.0%	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.5% máx.	0.111%	Cumple

Fuente: Elaboracion Propia.

Además de estos requisitos se comprobó que el material no contiene materia orgánica ni materiales deletéreos, está libre de terrones de arcilla y partículas deleznable.

## 2. Combinación de agregados para el diseño MAC-2

La combinación teórica y física de estos agregados se muestran en la tabla siguiente:

**Tabla N° 45: Combinación física y teórica de agregados para la mezcla asfáltica.**

Tamices	Mezcla MAC-2			
	Comb. teórica	Comb. física	Especific.	
3/4"	100.0	100.0	100	100
1/2"	90.9	93.6	80	100
3/8"	79.9	83.6	70	88
# 4	58.3	59.1	51	68
# 10	43.8	43.9	38	52
# 40	20.6	21.1	17	28
#80	9.8	11.0	8	17
# 200	5.5	5.4	4	8

Fuente: Elaboracion Propia.

**Tabla N° 46: Propiedades de la Mezcla Asfáltica en Caliente**

Agregados	Diseño MAC-2
Piedra chancada < ¾"	26.0%
Arena chancada < 3/8"	42.0 %
Arena zarandeada < 3/8"	32.0 %
Cemento Asfáltico PEN 60 – 70	5.8 %

Fuente: Elaboración Propia.

#### D)Especificaciones de la mezcla asfáltica

Las características de calidad de la mezcla asfáltica deberán estar de acuerdo con las exigencias para mezclas de concreto bituminoso que se indican en la tabla siguiente:

**Tabla N° 47: Resumen de las propiedades de la Mezclas Asfáltica, diseño MAC-2**

Parámetro de Diseño	Mezcla Clase A	Resultado Teórico de la Grafica	Verificación del Opt C.A.	Aditivo Mejorador de Adherencia	Observ.
Marshall (MTC E 504)					
1.Estabilidad (mín.)	815 Kg	1,302 kg	1.291 kg		Cumple
2.Flujo (mm)	2 – 3.56	3.64	3.5		Cumple
3.Porcentaje de vacíos con aire (MTCE 505)	3 – 5	3.9	4.2		Cumple
4.Vacíos en el agregado mineral	Min 14%	17.2	17.6		Cumple
Inmersión –Comprensión (MTC E 518)	2,1	-	2.6/2.2		Cumple

Estabilidad retenida % (mín.)	70	-	84.8%		Cumple
Resistencia Conservada En La Prueba De Tracción Indirecta(MTC E 521)(min)	70	-	68.4 %	Sin Adictivo	No Cumple
Resistencia Conservada En La Prueba De Tracción Indirecta (MTC E 521) (min)	70	--	87.7 %	Con adictivo 0.5% Ricot Z	Cumple
Índice de Compactibilidad (min 5 )	5	-	6.64		Cumple
Relación Polvo – Asfalto	0.6 – 1.3	-	1.07		Cumple
Relación Estabilidad/flujo	1700 – 4000	3605	3693		Cumple

Fuente: Elaboracion Propia.

### 1. Pruebas de adherencia en el agregado grueso

Se han desarrollado pruebas de adherencia en el agregado grueso, para la mezcla de gravas mediante el ensayo de adherencia del agregado grueso.

**Tabla N° 48: Resumen de los ensayos de afinidad entre agregados y bitumen.**

Material	Dosis Aditivo	Ensayos	Norma	Requerimiento	Resultado
Agregado grueso	0.5%	Adherencia	ASTM D 1164	+95%	<98.0%

Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.1.4. Producción de asfalto y evaluación estructural

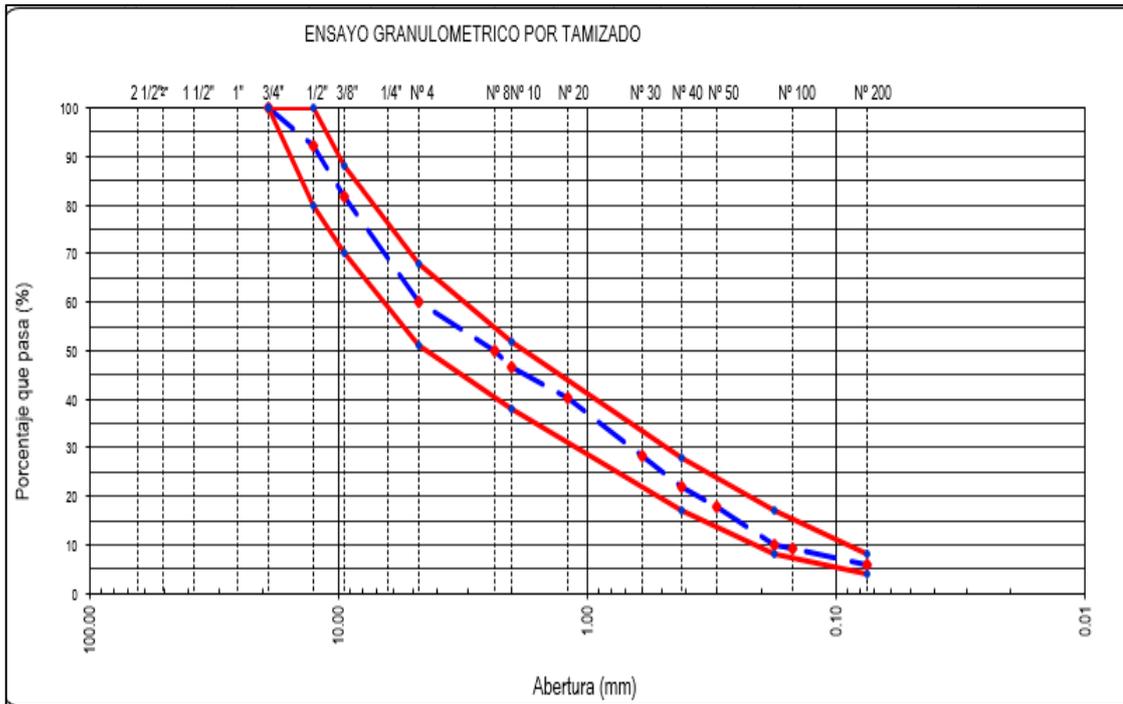
##### A) Producción de asfalto (lado derecho)

##### 1. Granulometría faja

Tabla N° 49: Granulometria de poduccion de asfalto (L/D)

TAMIZ	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% PASA	ESPECIFICACIONES MAC-2	
					MIN	MAX
3"						
2 1/2"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"				100.0	100	100
1/2"	1944.0	7.8	7.8	92.2	80	100
3/8"	2622.0	10.6	18.4	81.6	70	88
1/4"						
N° 4	5356.0	21.6	40.0	60.0	51	68
N° 8	159.2	10.1	50.2	49.9		
N° 10	53.0	3.4	53.5	46.5	38	52
N° 16	95.5	6.1	59.6	40.4		
N° 20						
N° 30	187.6	12.0	71.6	28.4		
N° 40	99.8	6.4	77.9	22.1	17	28
N° 50	69.4	4.4	82.4	17.7		
N° 80	117.6	7.5	89.8	10.2	8	17
N° 100	17.1	1.1	90.9	9.1		
N° 200	52.7	3.4	94.3	5.7	4	8
< N° 200	89.6	5.7	100.0			

Fuente: Elaboracion Propia.



**Gráfico N° 11: Granulometría L/D (MAC -2)**

Fuente: Elaboracion Propia.

## 2. Granulometría lavado

**Tabla N° 50: Granulometría lavado (1)**

TAMIZ	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% PASA	ESPECIFICACIONES MAC-2	
					MIN	MAX
3"						
2 1/2"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"				100.0	100	100
1/2"	36.4	7.6	7.6	92.4	80	100
3/8"	62.9	13.2	20.8	79.2	70	88

1/4"						
Nº 4	93.3	19.5	40.3	59.7	51	68
Nº 8	47.5	9.9	50.3	49.7		
Nº 10	16.0	3.4	53.6	46.4	38	52
Nº 16	29.6	6.2	59.8	40.2		
Nº 20						
Nº 30	56.7	11.9	71.7	28.3		
Nº 40	27.7	5.8	77.5	22.5	17	28
Nº 50	21.5	4.5	82.0	18.0		
Nº 80	37.4	7.8	89.8	10.2	8	17
Nº 100	3.7	0.8	90.6	9.4		
Nº 200	17.3	3.6	94.2	5.8	4	8
< Nº 200	27.7	5.8	100.0			

Fuente: Elaboración Propia.

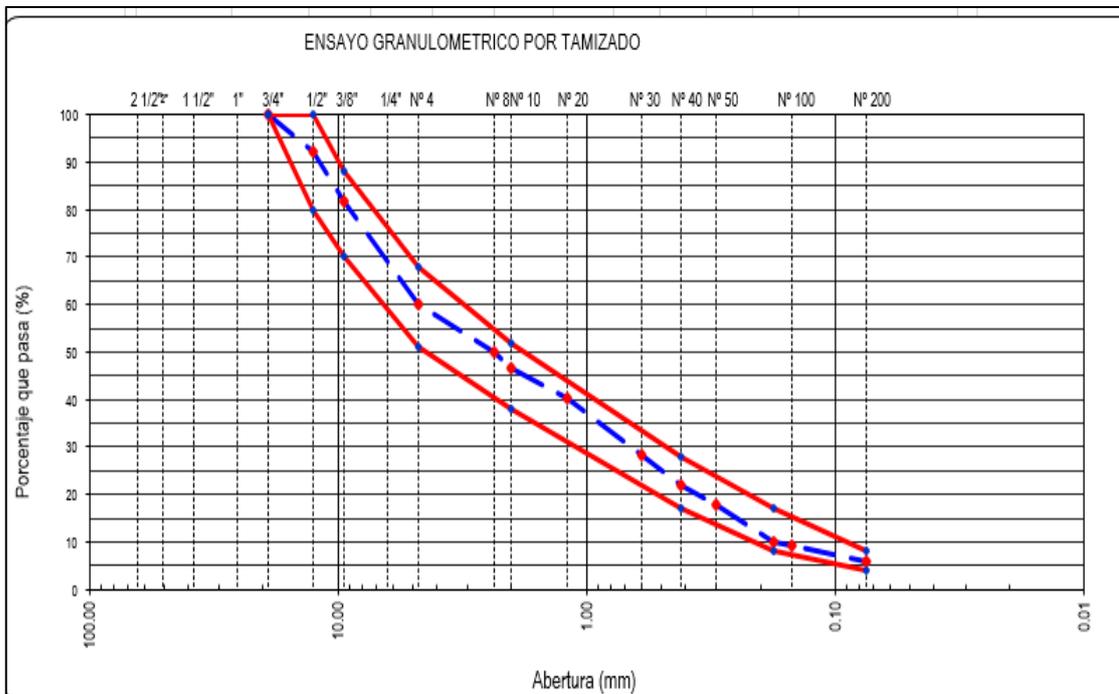


Gráfico Nº 12: Granulometría lavado (1)

Fuente: Elaboracion Propia.

### 3. Marshall

**Tabla N° 51: Calculo Marshall (1)**

MARSHALL OPTIMO 5.8%		
BRIQUETAS	PROM.	ESP. TEC.
C. Asfáltico en peso de la mezcla	5.80	
P. Esp. Bulk de la briqueta	2.375	
Vacíos	4.1	3 - 5
V.M.A.	17.7	Mín. 14
Vacíos llenos con C. Asfáltico	76.7	
Flujo	3.556	2.03 - 3.56
Estabilidad corregida	1320	Mín. 815
Factor de rigidez	3713	1700 – 4000

Fuente: Elaboracion Propia.

### 4. RICE

#### BITUMEN

- Contenido Óptimo Cemento Asfáltico PEN 60/70 (En Peso de la Mezcla Asfáltica Total)
- Aditivo Mejorador de Adherencia ( En Peso del Contenido Optimo de Cemento Asfáltico)
- RICE = 5.78

**Tabla N° 52: Calculo RICE (1)**

IDENTIFICACION DE MUESTRA		Und	01
1.-	Peso del Material	gr.	1233.6
2.-	Peso Agua + Frasco	gr.	10261.0
3.-	Peso Agua + Frasco + Material (1+2)	gr.	11494.6
4.-	Peso Agua + Frasco + Material (Ensayo)	gr.	10996.6

5.-	Volumen	(3-4)	gr.	498.0
Peso Específico Máximo MAC, g/cm <sup>3</sup>			gr./cm <sup>3</sup>	2.477

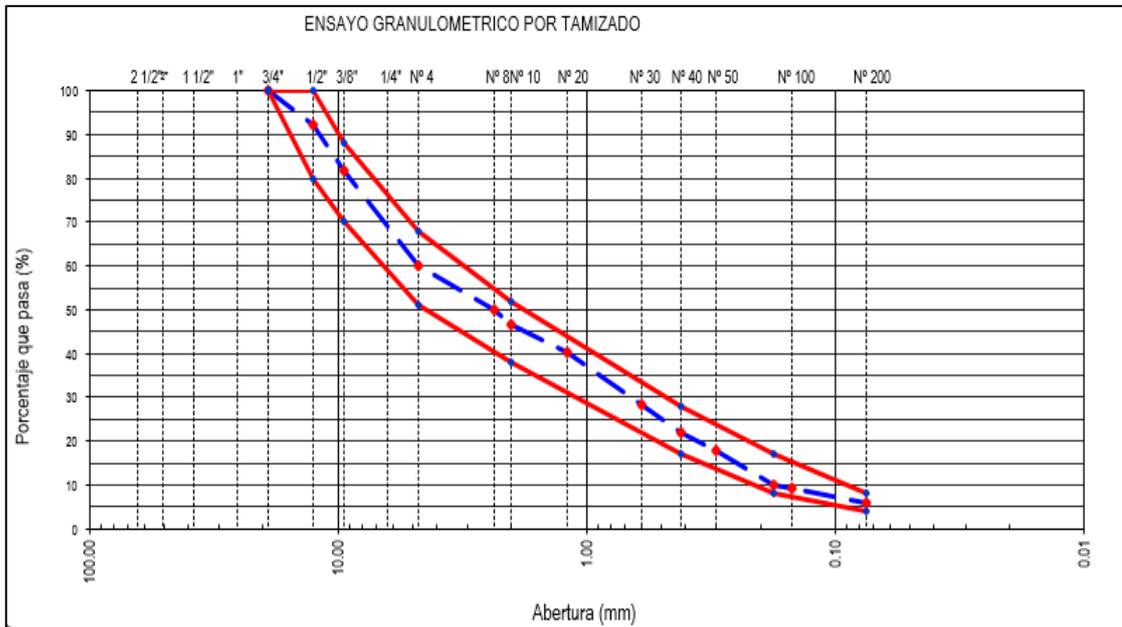
Fuente: Elaboracion Propia.

## 5. Granulometría lavado

Tabla N° 53: Granulometría lavado (2)

TAMIZ	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% PASA	ESPECIFICACIONES MAC-2	
					MIN	MAX
3"						
2 1/2"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"				100.0	100	100
1/2"	24.2	8.5	8.5	91.5	80	100
3/8"	39.8	14.0	22.5	77.5	70	88
1/4"						
N° 4	49.5	17.4	39.9	60.2	51	68
N° 8	27.6	9.7	49.5	50.5		
N° 10	9.9	3.5	53.0	47.0	38	52
N° 16	17.9	6.3	59.3	40.7		
N° 20						
N° 30	34.0	11.9	71.3	28.8		
N° 40	18.4	6.5	77.7	22.3	17	28
N° 50	13.8	4.9	82.6	17.4		
N° 80	21.1	7.4	90.0	10.0	8	17
N° 100	5.1	1.8	91.8	8.2		
N° 200	8.3	2.9	94.7	5.3	4	8
< N° 200	15.2	5.3	100.0			

Fuente: Elaboración Propia.



**Gráfico N° 13: Granulometría lavado (2)**

Fuente: Elaboracion Propia.

## 6. Marshall

**Tabla N° 54: Calculo Marshall (2)**

MARSHALL OPTIMO 5.8%		
BRIQUETAS	PROM.	ESP. TEC.
C. Asphaltico en peso de la mezcla	5.80	
P. Esp. Bulk de la briqueta	2.367	
Vacíos	4.1	3 - 5
V.M.A.	17.9	Mín. 14
Vacíos llenos con C. Asphaltico	77.1	
Flujo	3.556	2.03 - 3.56
Estabilidad corregida	1305	Mín. 815
Factor de rigidez	3669	1700 - 4000

Fuente: Elaboracion Propia.

## 7. RICE

### BITUMEN

- Contenido Óptimo Cemento Asfáltico PEN 60/70 (En Peso de la Mezcla Asfáltica Total)
- Aditivo Mejorador de Adherencia ( En Peso del Contenido Optimo de Cemento Asfáltico)
- RICE = 5.78

**Tabla N° 55: Calculo RICE (2)**

IDENTIFICACION DE MUESTRA		Und	01
1.-	Peso del Material	gr.	1299.0
2.-	Peso Agua + Frasco	gr.	10261.0
3.-	Peso Agua + Frasco + Material (1+2)	gr.	11560.0
4.-	Peso Agua + Frasco + Material (Ensayo)	gr.	11034.1
5.-	Volumen (3-4)	gr.	525.9
Peso Específico Máximo MAC, g/cm <sup>3</sup>		gr./cm <sup>3</sup>	2.470

Fuente: Elaboracion Propia.

## B) Producción de asfalto (lado izquierdo)

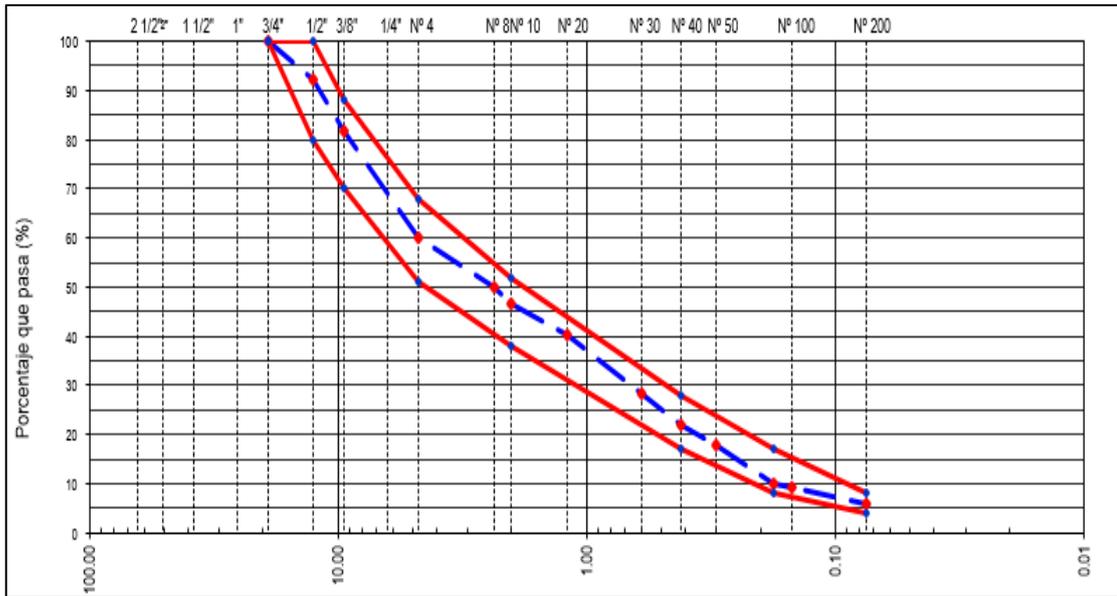
### 1. Granulometría faja

**Tabla N° 56: Granulometria de produccion de asfalto (L/I)**

TAMIZ	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% PASA	ESPECIFICACION ES MAC-2
-------	-----------	-------------	-----------	--------	-------------------------

					<b>MIN</b>	<b>MAX</b>
3"						
2 1/2"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"				100.0	<b>100</b>	<b>100</b>
1/2"	1835.0	7.7	7.7	92.3	<b>80</b>	<b>100</b>
3/8"	2493.0	10.5	18.3	81.8	<b>70</b>	<b>88</b>
1/4"						
Nº 4	5125.0	21.6	39.9	60.1	<b>51</b>	<b>68</b>
Nº 8	183.6	9.9	49.7	50.3		
Nº 10	65.9	3.5	53.2	46.8	<b>38</b>	<b>52</b>
Nº 16	108.4	5.8	59.1	41.0		
Nº 20						
Nº 30	215.7	11.6	70.6	29.4		
Nº 40	116.1	6.2	76.9	23.2	<b>17</b>	<b>28</b>
Nº 50	85.8	4.6	81.5	18.6		
Nº 80	142.5	7.6	89.1	10.9	<b>8</b>	<b>17</b>
Nº 100	17.3	0.9	90.0	10.0		
Nº 200	89.2	4.8	94.8	5.2	<b>4</b>	<b>8</b>
< Nº 200	97.0	5.2	100.0			

Fuente: Elaboracion Propia.



**Gráfico N° 14: Granulometría L/I (MAC – 2)**

Fuente: Elaboracion Propia.

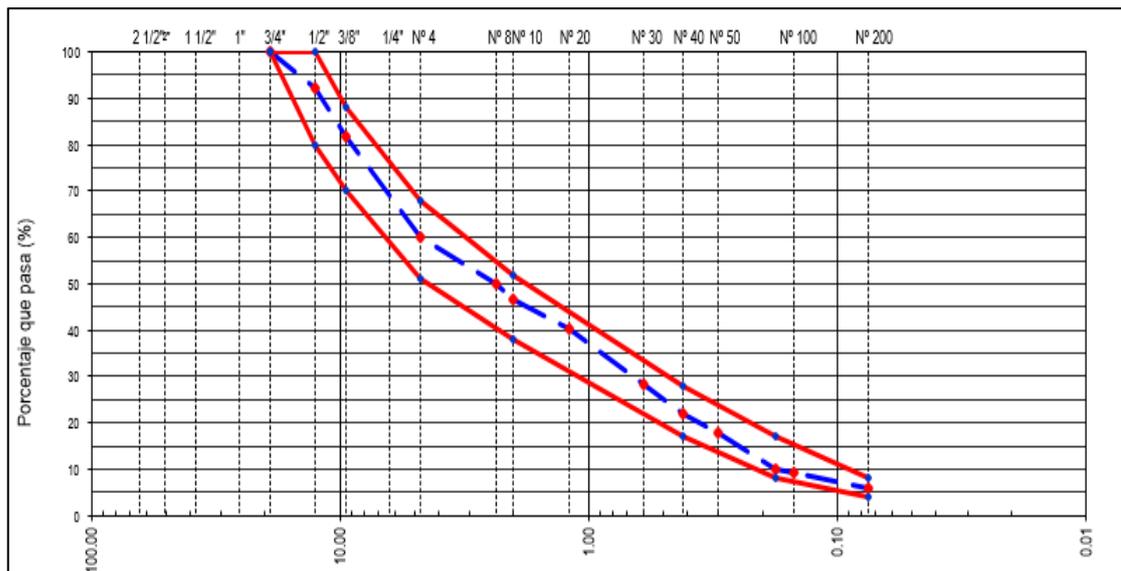
## 2. Granulometría lavado

**Tabla N° 57: Granulometría lavado (1)**

TAMIZ	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% PASA	ESPECIFICACIONES MAC-2	
					MIN	MAX
3"						
2 1/2"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"				100.0	<b>100</b>	<b>100</b>
1/2"	28.6	6.4	6.4	93.6	<b>80</b>	<b>100</b>
3/8"	57.5	12.8	19.2	80.8	<b>70</b>	<b>88</b>
1/4"						
N° 4	99.3	22.2	41.4	58.6	<b>51</b>	<b>68</b>
N° 8	45.2	10.1	51.5	48.5		

Nº 10	16.1	3.6	55.1	44.9	<b>38</b>	<b>52</b>
Nº 16	30.1	6.7	61.8	38.2		
Nº 20						
Nº 30	51.2	11.4	73.2	26.8		
Nº 40	25.1	5.6	78.8	21.2	<b>17</b>	<b>28</b>
Nº 50	18.5	4.1	82.9	17.1		
Nº 80	31.9	7.1	90.1	9.9	<b>8</b>	<b>17</b>
Nº 100	5.1	1.1	91.2	8.8		
Nº 200	16.3	3.6	94.8	5.2	<b>4</b>	<b>8</b>
< Nº 200	23.1	5.2	100.0			

Fuente: Elaboración Propia.



**Gráfico N° 15: Granulometría lavado (1)**

Fuente: Elaboracion Propia.

### 3. Marshall

**Tabla N° 58: Calculo Marshall (1)**

MARSHALL OPTIMO 5.8%		
BRIQUETAS	PROM.	ESP. TEC.
C. Asfáltico en peso de la mezcla	5.80	
P. Esp. Bulk de la briqueta	2.370	
Vacíos	4.3	3 - 5
V.M.A.	17.8	Mín. 14
Vacíos llenos con C. Asfáltico	75.7	
Flujo	3.556	2.03 - 3.56
Estabilidad corregida	1321	Mín. 815
Factor de rigidez	3714	1700 – 4000

Fuente: Elaboracion Propia.

#### 4. RICE

##### BITUMEN

- Contenido Óptimo Cemento Asfáltico PEN 60/70 (En Peso de la Mezcla Asfáltica Total)
- Aditivo Mejorador de Adherencia ( En Peso del Contenido Optimo de Cemento Asfáltico)
- RICE = 5.76

**Tabla N° 59: Calculo RICE (1)**

IDENTIFICACION DE MUESTRA		Und	01
1.-	Peso del Material	gr.	1270.0
2.-	Peso Agua + Frasco	gr.	10259.0
3.-	Peso Agua + Frasco + Material (1+2)	gr.	11529.0
4.-	Peso Agua + Frasco + Material (Ensayo)	gr.	11016.3

5.-	Volumen	(3-4)	gr.	512.7
Peso Específico Máximo MAC, g/cm <sup>3</sup>			gr./cm <sup>3</sup>	2.477

Fuente: Elaboracion Propia.

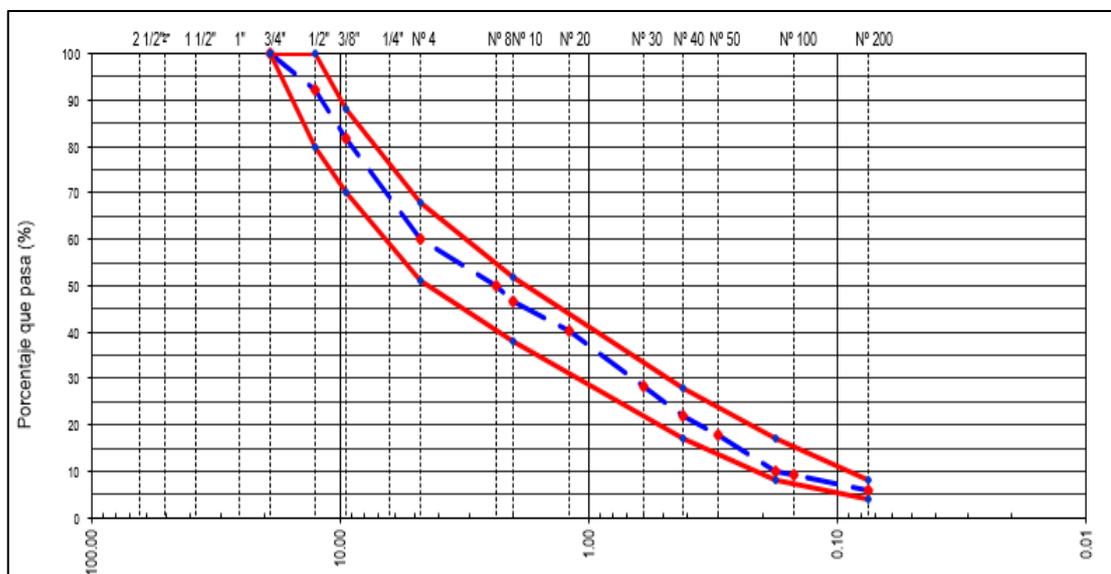
## 5. Granulometría lavado

Tabla N° 60: Granulometría lavado (2)

TAMIZ	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% PASA	ESPECIFICACIONES MAC-2	
					MIN	MAX
3"						
2 1/2"						
2"						
1 1/2"						
1"						
3/4"				100.0	100	100
1/2"	35.9	9.1	9.1	90.9	80	100
3/8"	52.0	13.2	22.3	77.7	70	88
1/4"						
Nº 4	72.8	18.5	40.8	59.2	51	68
Nº 8	45.7	11.6	52.4	47.6		
Nº 10	11.4	2.9	55.3	44.7	38	52
Nº 16	24.4	6.2	61.5	38.5		
Nº 20						
Nº 30	44.5	11.3	72.9	27.2		
Nº 40	20.9	5.3	78.2	21.8	17	28
Nº 50	16.9	4.3	82.5	17.6		
Nº 80	29.5	7.5	89.9	10.1	8	17
Nº 100	3.5	0.9	90.8	9.2		
Nº 200	16.5	4.2	95.0	5.0	4	8
< Nº 200	19.6	5.0	100.0			

Fuente: Elaboración Propia.

**Gráfico N° 16: Granulometría lavado (2)**



Fuente: Elaboracion Propia.

## 6. Marshall

**Tabla N° 61: Calculo Marshall (2)**

MARSHALL OPTIMO 5.8%		
BRIQUETAS	PROM.	ESP. TEC.
C. Asphaltico en peso de la mezcla	5.80	
P. Esp. Bulk de la briqueta	2.362	
Vacíos	4.2	3 - 5
V.M.A.	18.1	Mín. 14
Vacíos llenos con C. Asphaltico	76.9	
Flujo	3.556	2.03 - 3.56
Estabilidad corregida	1331	Mín. 815
Factor de rigidez	3742	1700 - 4000

Fuente: Elaboracion Propia.

## 7. RICE

### BITUMEN

- Contenido Óptimo Cemento Asfáltico PEN 60/70 (En Peso de la Mezcla Asfáltica Total)
- Aditivo Mejorador de Adherencia ( En Peso del Contenido Optimo de Cemento Asfáltico)
- RICE = 5.76

**Tabla N° 62: Calculo RICE (2)**

IDENTIFICACION DE MUESTRA		Und	01
1.-	Peso del Material	gr.	1305.0
2.-	Peso Agua + Frasco	gr.	10259.0
3.-	Peso Agua + Frasco + Material (1+2)	gr.	11564.0
4.-	Peso Agua + Frasco + Material (Ensayo)	gr.	11034.6
5.-	Volumen (3-4)	gr.	529.4
Peso Específico Máximo MAC, g/cm <sup>3</sup>		gr./cm <sup>3</sup>	2.465

Fuente: Elaboracion Propia.

### **C)Evaluación estructural**

Los parámetros que establece en manual de carreteras para la determinación del rendimiento estructural del pavimento flexible y para cada una de sus capas que la conforma, para ello se evaluó con la viga Benkelman y se determinó la deflexión o dicho de otro modo deformación recuperable, así mismo el radio de curvatura, la desviación estándar de los datos que se recopilan durante el ensayo de deflectometría, para dicho fin se utilizó también un camión donde su peso y medidas están calibradas y normalizadas.

Para lo cual se presenta las deflexiones admisibles para cada capa del pavimento de la carretera Mazamari - Pangoa - Cubantía km: 2+000-3+000:

**Tabla N° 63: Deflexiones admisibles**

Km 2+000-3+000	Dadm (10 <sup>-2</sup> mm)	Lectura Final En Dial (10 <sup>-2</sup> mm)
SUBRASANTE	110	28
SUBBASE	80	20
BASE	60	15
<b>CARP. ASFA.</b>	<b>45</b>	<b>11</b>

Fuente: Elaboración Propia

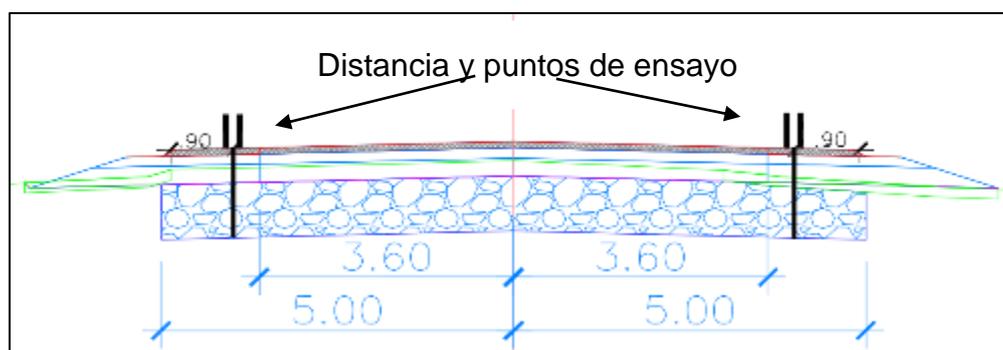
Las deflexiones no deben de exceder el admisible (Dadm), al no cumplir, el tramo queda observado hasta que los puntos sean corregidos y queden dentro de lo admisible debiéndose realizar el ensayo en el mismo punto hasta su conformidad, para tal caso la lectura final del dial no debe exceder lo indicado en la tabla anterior, al realizar los respectivos desarrollos de las lecturas de los diales se obtendrán en conjunto el radio de curvatura.

Las deflexiones obtenidas en campo al ser procesadas se obtendrán las deflexiones características para ser comparadas también con las deflexiones admisibles para cada del pavimento flexible donde la evaluación será para todo el tramo.

Para la toma de datos de deflexiones en la carpeta asfáltica cada 50 m en ambos sentidos para cada capa.

La evaluación deflectométrica se realizará a la misma distancia vertical para todas las capas del pavimento de la sección típica como se muestra:

**Figura N° 04: Punto de ensayo deflectométrico para cada capa del pavimento (sección típica 1)**



Fuente: Elaboración Propia

Dada la aceptación de trabajo de la base se procede a la imprimación por carriles para posteriormente colocar el pavimento asfáltico en caliente. Terminada la partida se procede a la evaluación estructural mediante el ensayo de deflectometría del pavimento a nivel de carpeta asfáltica, se realizó cada 50 metros en ambos carriles y a 0,90 m del borde del pavimento.

Obteniéndose los datos de deflexión, realizándose los cálculos en gabinete se obtienen los siguientes datos estadísticos:

**Tabla N° 64: Descripción estadística carpeta asfáltica**

TRAMO	KM 2+000-3+000		
CARRIL		DERECHO	IZQUIERDO
Deflexión promedio	Dprom. $10^{-2}$ mm	37.5	37.7
Deflexión mínimo	Dmin. $10^{-2}$ mm	32	32
Deflexión máximo	Dmax. $10^{-2}$ mm	40	40
Deflexión admisible	Dadm. $10^{-2}$ mm	45	45
Desviación estándar	Des.Est. $10^{-2}$ mm	2.4	2.4
Deflexión característica	Dcar. $10^{-2}$ mm	41.4	41.6

Radio de curvatura	Rc.	M	162.5	164.3
--------------------	-----	---	-------	-------

Fuente elaboración propia

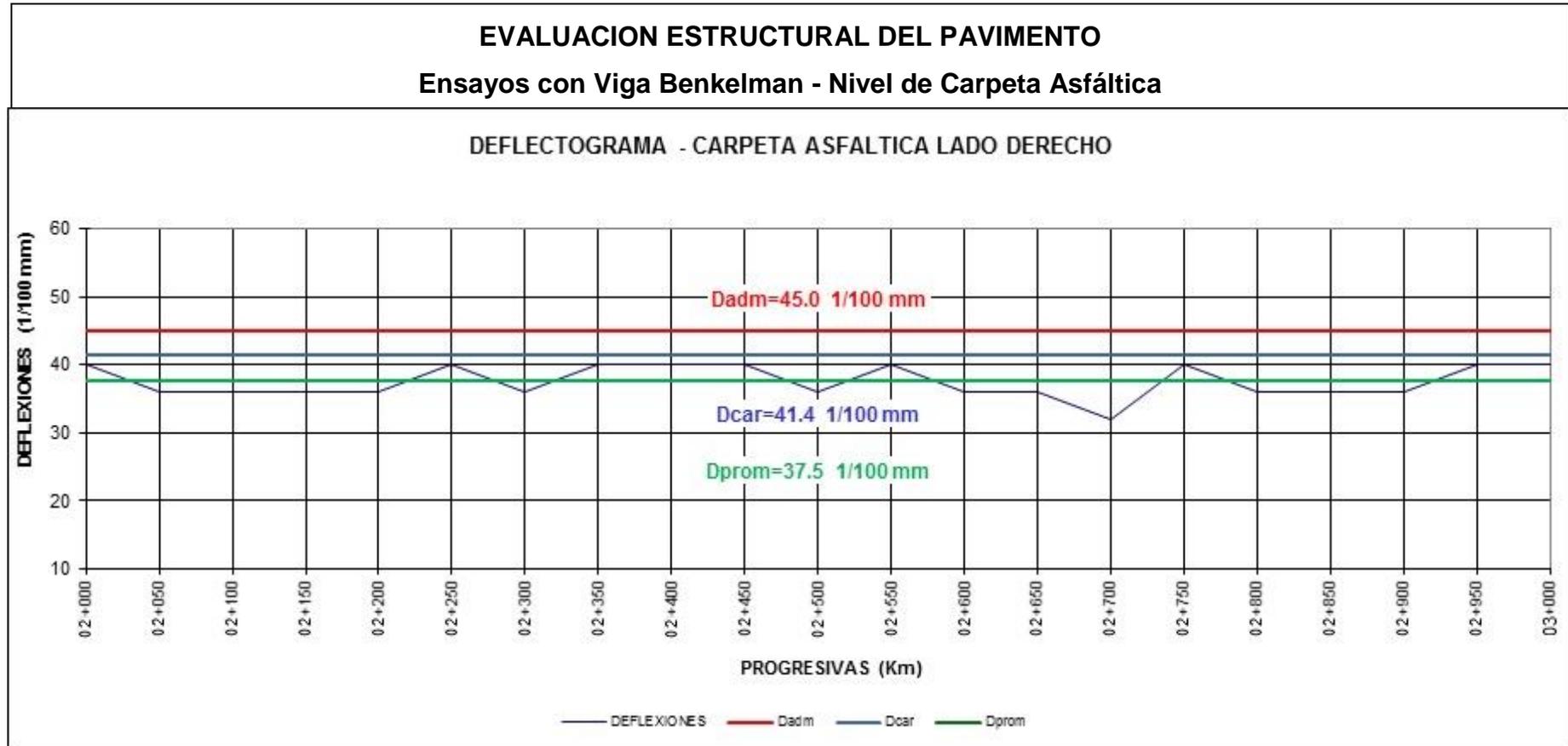
Finalmente se obtiene la deflexión promedio ( $D_{prom} = 37.5 \times 10^{-2}$  y  $37.7 \times 10^{-2}$  mm de ambos carriles), lo cual está dentro del admisible ( $D_{adm} = 40 \times 10^{-2}$  mm), presentando deflexiones máximas  $D_{max} = 40 \times 10^{-2}$  mm, que indican el buen comportamiento estructural el pavimento flexible.

También se observa los radios de curvatura del carril derecho e izquierdo que son 162.5 m y 164.3m respetivamente, estos valores cumplen con los indicadores para el buen comportamiento estructural. Así mismo se determina la deflexión característica ( $D_{car} = 41.4 \times 10^{-2}$  mm) para una confiabilidad de 95%, que representa la magnitud de deformación del pavimento es menor que la deflexión admisible ( $D_{adm} = 45 \times 10^{-2}$  mm) es por ello que cumple con la capacidad estructural adecuada.

Las deflexiones recuperables ya calculadas en el eje vertical de carga ( $D_0$ ) y a 25 centímetros ( $D_{25}$ ) nos reflejan radio de curvatura de  $R_c = 162.5$  m y 164.3m de los carriles derecho e izquierdo respectivamente, cada uno de estos se encuentran en forma consecutiva, presentando un coeficiente de variación de 6.3 para ambos carriles, los cuales se definen como sectores o tramos homogéneos.

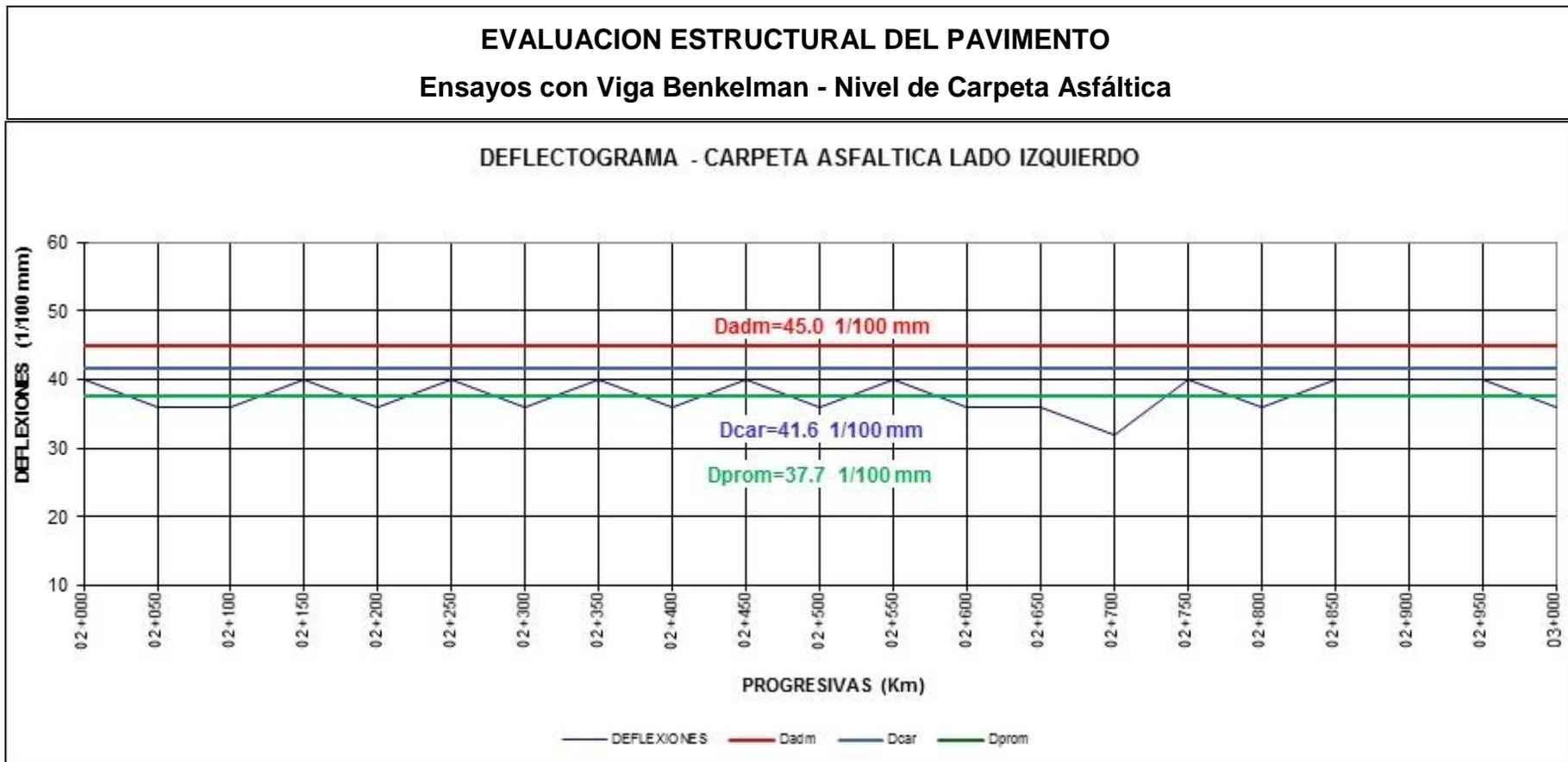
Los deflectogramas a continuación, presentan la deflexión característica y deflexión promedio que se encuentran por debajo de la deflexión admisible, separadas cada 50 metros lo que nos refleja la buena condición del pavimento como se muestra:

Gráfico N° 17: Evaluación estructural nivel de carpeta asfáltica carril derecho



Fuente: Elaboración propia

Gráfico N°18: Evaluación estructural nivel de carpeta asfáltica carril izquierdo



Fuente: Elaboración propia

**Tabla N° 65: Comparación deflexión característica y deflexión admisible para el radio de curvatura**

Pavimento	Deflexión Característica $\times 10^{-2}$ mm		Deflexión Admisible $\times 10^{-2}$ mm	Radio de Curvatura (m)	
	Der.	Izq.	Dadm.	Der.	Izq.
capa carpeta asfáltica	41.4	41.6	45	162.5	164.3

Fuente: elaboración propia

Al procesar los datos se obtienen la deflexión característica lo cual no sobrepasa la deflexión admisible como muestra la tabla N°65, y al cumplir con lo requerido se obtienen los radios de curvatura indicando su buen comportamiento estructural.

## **CAPÍTULO V**

### **DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

#### **5.1. Discusión de resultados**

##### **5.1.1. Diseño Marshall**

En este capítulo se presentara los resultados obtenidos durante el proceso de la investigación, estos se derivan del análisis y la deducción de los ensayos efectuados en el laboratorio, los cuales producen datos suficientes para dar respuesta a los objetivos planteados.

Se realizaron ensayos en laboratorio de los agregados para el diseño de mezcla Asfáltica en Caliente, provenientes de la cantera “Satipo” ubicada en el acceso puente Cashingari L/D (Materiales Procesados en la planta de acopio km 28+500 L/I: (Piedra Chancada, Arena Chancada y Arena Natural).

Para el desarrollo del diseño de mezclas asfálticas en caliente, se empezó con la combinación teórica del diseño de asfalto, tomando en cuenta las especificaciones técnicas para el MAC 2, donde la granulometría viene cumpliendo con las especificaciones para el diseño como muestra la Tabla N° 16 y N°17. Así también se muestra gráficamente la granulometría donde se encuentra dentro

de los límites según las especificaciones indicadas para el MAC 2. Como muestra el Grafico N° 01.

Para poder encontrar el óptimo contenido de cemento asfáltico PEN 60-70, se realizó el diseño mediante el método Marshall con un 4.5% de cemento asfáltico como muestra la tabla N° 18, para cada uno de los diseño se cambiara el contenido de asfalto para ello se utilizaran as mismas proporciones de grava triturada 3/4" con porcentaje de diseño 26 %, porcentaje de mezcla 41.7 %. Así mismo en la arena triturada 3/8" con porcentaje de diseño 42 %, también arena zarandeada 3/8" con porcentaje de diseño 32 %, porcentaje de mezcla 58.3 % como muestra la tabla N° 19.

La tabla N° 18 muestra que para el diseño con un porcentaje de 4.5% de cemento asfáltico, no llega a cumplir con las especificaciones técnicas y requerimientos de calidad. Con un porcentaje de 5% aún no llega a estar dentro de los rangos permitidos, excediendo los valores como muestra la tabla N° 20. Con 5.5% de cemento asfáltico si bien cumple con los requerimiento aún está por los límites como muestra la tabla N° 21. Con 6% se encuentra dentro de los parámetros de calidad como muestra la tabla N° 22. Con 6.5% ya no cumple con las especificaciones técnicas como muestra la tabla N° 20. Lo que indica que el porcentaje optimo se encuentra entre el rango de 5.5% y 6%.

En la tabla N° 24 gravedad especifica de mezcla bituminosa (RICE) se muestra el cálculo de la densidad máxima teórica de diseño para cada una de las dosificaciones del cemento asfáltico.

Según los gráficos N° 02, 03, 04, 05 se puede observar y deducir un óptimo de 5.8% de cemento asfáltico lo que permite acomodarse dentro de los rangos permitidos, y garantizando el correcto desempeño del diseño como muestra la tabla N° 25.

Para comprobar si el óptimo porcentaje de cemento asfáltico es el correcto se procede a tomar tres muestras y realizar el diseño Marshall para asegurarse de obtener la proporción correcta, lo cual dio resultados favorables indicando que en cada ensayo quede dentro de las especificaciones técnicas comprobando su efectividad del porcentaje óptimo del cemento asfáltico como muestra la tabla N° 26, 27, 28.

Así mismo se realizó de las tres muestras el ensayo de gravedad específica de mezcla bituminosa (RICE) y obtener las densidades máximas de diseño como muestra la tabla N° 29.

### **5.1.2. Ensayos complementarios**

Para la ejecución de la carpeta Asfáltica del Tramo “Mazamari – Pangoa - Cubantía”. Se utilizará PEN 60 - 70, recomendado para la temperatura de la selva alta como este caso del departamento de Junín por las propiedades de elasticidad que tiene el cemento asfáltico puesto en servicio y ayude a resistir los efectos de las temperaturas.

En el diseño de mezcla Asfáltica en Caliente, Se determinó el Óptimo Contenido de Cemento Asfáltico para el diseño MAC-2. Es de 5.8%. Así como también se ratifica la necesidad de la utilización del Aditivo Mejorador de Adherencia aprobadas por la Supervisión en una proporción de 0.5% del peso del cemento, en vista que para las características de calidad de la mezcla asfáltica, deberán estar de acuerdo con las exigencias para mezclas de concreto bituminoso. Afín de cumplir estrictamente las Especificaciones Técnicas del Proyecto.

Para el ensayo de índice de compatibilidad se tomó tres muestras para su evaluación donde el ensayo de índice de compatibilidad

tiene por objetivo determinar el grado de compatibilidad de los agregados de la cantera Satipo, en la preparación de mezclas asfálticas en caliente con cemento asfáltico tipo PEN 60/70. Los ensayos a las tres muestras presentan como índice de compatibilidad de 6.56, 6.57 y 6.69 que sobrepasan el valor mínimo que nos establece en las especificaciones técnicas afirmando su correcto diseño. Para ello se determinó las características físicas mecánicas de los materiales de agregados en las canteras, teniendo en cuenta las normas MTC, así mismo se realizó ensayos de Cemento Asfáltico tipo PEN60/70, para una mezcla asfáltica en caliente, también se diseñó mezclas de prueba, y determinar la dosificación óptima a través de ensayos de laboratorio, que cumpla con los requisitos establecidos por la Metodología Marshall.

El ensayo realizado de estabilidad retenida de un asfalto evalúa la capacidad de resistir desplazamientos y deformación bajo las cargas del tránsito. El pavimento estable es capaz de mantener su forma y lisura bajo cargas repetidas, un pavimento inestable desarrolla ahuellamientos, ondulaciones y otras señas que indican cambios en la mezcla, el ensayo realizado contiene una estabilidad retenida de 84.8% como muestra la tabla N° 33 cumpliendo con las especificaciones técnicas de exceder el valor mínimo de 70%.

En la tabla N° 34 muestra el resultado del ensayo adherencia para ello se utilizó el aditivo RICOT Z 0.5% que presenta un porcentaje de adherencia de 98% lo cual cumple con las especificación al exceder el 95% establecido. Para ello también se realizó el ensayo Lottman sin aditivo presentando como resultado al efecto de humedad sobre mezclas asfálticas TSR 68.4% no cumpliendo con las especificaciones técnicas como muestra la tabla N° 35, el ensayo Lottman nos presenta un TSR 87.7% cumpliendo con las especificaciones técnicas al exceder el 70% como mínimo como muestra la tabla N° 37.

El ensayo de inmersión y compresión de la tabla N° 36 muestra que la resistencia promedio y retenida cumple con los especificado indicando el correcto diseño para ello se presenta el cuadro resumen de todos los ensayos del diseño realizado como muestra la tabla N° 39.

### **5.1.3. Parámetros para el diseño**

La presente investigación comprende el Diseño de Asfalto en Caliente MAC-2 PEN 60 – 70; para el proyecto “REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI SAN MARTIN DE PANGOA – CUBANTIA. TRAMO: MAZAMARI-PANGOA – CUBANTIA”, Para tal efecto se han desarrollado los trabajos en el Laboratorio de suelos y asfalto se realizaron diferentes porcentajes para encontrar el contenido optimo del diseño de Asfalto con PEN 60 – 70. De acuerdo a los procedimientos estándar (MTC, AASHTO, ASTM, entre otros) y a lo señalado en los Términos de Referencia.

Los requerimientos para el agregado gruesos y finos se cumplieron al detalle, así mismo la granulometría para la elaboración del MAC 2. Para la verificación de las propiedades de los agregados se realizaron ensayos que cumplieron con lo especificado en el manual el MTC.

En la tabla N° 45: Combinación física y teórica de agregados para la mezcla asfáltica se aprecia las combinaciones realizadas y su aceptación por las especificaciones.

#### 5.1.4. Producción de asfalto y evaluación estructural

La temperatura de moldeo de la mezcla asfáltica en laboratorio fue realizada en un rango de 142 a 150°C. Para la producción de asfalto se tomaron muestras para cada carril asfaltado, donde la granulometría del material extraído cumple con las especificaciones del MAC 2 como muestra la tabla N° 49, y el gráfico N° 11: Granulometría L/D cumpliendo con las especificaciones.

Así mismo se realizó los ensayo para dos muestras para el asfaltado del carril derecho donde la granulometría del lavado, donde cumple satisfactoriamente las especificaciones del MAC 2 como muestra la tabla N° 50 y 53, y el gráfico N° 12 y 13. Se realizó la comprobación por el método Marshall con el óptimo de 5.8% como muestra la tabla N° 51 y 54 verificándose que se encuentra dentro de las especificaciones técnicas lo cual indica el correcto comportamiento del asfalto, presentando también mediante el RICE que se obtiene el peso específico máximo de 2.477 y 2.470gr/cm<sup>3</sup>.

El carril izquierdo presenta con sus dos muestras: donde la granulometría del lavado cumple satisfactoriamente las especificaciones del MAC 2 como muestra la tabla N° 56 y 59, y el gráfico N° 14 y 15. Se realizó la comprobación por el método Marshall con el óptimo de 5.8% como muestra la tabla N° 58 y 54 verificándose que se encuentra dentro de las especificaciones técnicas lo cual indica el correcto comportamiento del asfalto, presentando también mediante el RICE que se obtiene el peso específico máximo de 2.477 y 2.465gr/cm<sup>3</sup>.

La evaluación final del pavimento a nivel de carpeta asfáltica presenta su deflexión característica ( $D_{car} = 41.4 \times 10^{-2}$ ,  $41.6 \times 10^{-2}$  mm para ambos carriles) no excediendo la deflexión admisible ( $D_{adm} = 45 \times 10^{-2}$  mm) y su radio de curvatura ( $R_c = 162.5$  y  $164.3$ m en ambos carriles) como muestra la Tabla N°64,

garantizando el óptimo rendimiento estructural del pavimento y cumplimiento con los requerimientos de calidad.

La obtención de la deflexión característica y no exceder la deflexión admisible en cada capa del pavimento, nos indica que el tramo de evaluación en general cumple con las exigencias mínimas del manual de carreteras para ello se muestra la tabla N° 65, y el radio de curvatura ( $R_c = 162.5$  y  $164.3m$ ) es mayor al indicado  $R_c > 100$  a nivel de la carpeta asfáltica lo que nos indica que estas deformaciones poseen un buen comportamiento estructural en la sub rasante así como también en la estructura total del pavimento ya que presenta una deflexión pequeña  $D_{prom} = 37.5 \times 10.2$  mm.

La carretera Mazamari – Pangoa - Cubantía viene cumpliendo satisfactoriamente con los requerimientos estructurales para lo que está diseñada y frente al tráfico que está expuesta sin presentar deterioros, fisuras, ahuellamiento, hundimiento y piel de cocodrilo.

## CONCLUSIONES

1. Se ha determinado que el comportamiento físico-mecánico de las mezclas asfálticas para agregados de la cantera Satipo en una combinación granulométrica de piedra chancada < 3/4" en 26.0%, arena chancada < 3/8" en 42.0%, arena zarandeada < 3/8" en 32.0% y para un cemento asfáltico PEN 60/70 en una dosificación óptima de 5.8%, se ha obtenido un mejoramiento en propiedades físicas-mecánicas de como su peso específico Bulk de 2.368 Kg/cm<sup>3</sup>, porcentaje vacíos de la mezcla de 4.3%, vacíos en el agregado mineral de 17.5%, vacíos llenos con cemento asfáltico de 75.7%.
2. Se concluye que la adherencia entre cemento asfáltico y los agregados de la mezcla asfáltica en caliente no cumplía los estándares requeridos con lo cual se ha aplicado el aditivo mejorador de adherencia RICOT - Z en una dosificación de 0.5%, obteniéndose un porcentaje de adherencia de 98.0%, cumpliendo con lo requerido en las especificaciones técnicas según la norma ASTM D 1164 que nos pide como mínimo 95.0 %, de igual manera se comprobó mediante el ensayo de Lottman obteniendo un resultado de mezcla sin aditivo de 68.4% y para una mezcla con aditivo de 87.7% lo que representa un mejoramiento de la adherencia en 28.22%.
3. Se concluye que la estabilidad está en relación al flujo y que está directamente relacionada a la dosificación de PEN 60/70 y por ende a las propiedades físico - mecánico de la mezcla asfáltica como la Resistencia, Dureza, Durabilidad, se ha planteado un análisis con dosificaciones de variadas de 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5% obteniendo los valores de la estabilidad de 1105 kg, 1161 kg, 1272 kg, 1281 kg y 1107 kg respectivamente, con lo cual se determina una ecuación gráfica y nos da un resultado gráfico de 5.8% como óptima dosificación, se evalúa y se determina la estabilidad adecuada de 1292 kg, cumpliendo con las especificaciones técnicas por ende un buen comportamiento de las propiedades físico - mecánico de las mezclas asfálticas.

4. Se concluye que al incorporar el aditivo RICOT – Z, mejora la Estabilidad de una mezcla asfáltica sometida a saturación ya sea a corto plazo como también a largo plazo, ante una determinada tensión, obteniéndose los valores de esfuerzo a tensión (TSR) de 68.4 % sin aditivo y un 87.7 % con aditivo, lo cual nos indica una mejora en la adherencia de los agregados ante los efectos del agua, por ende se mejora la estabilidad retenida en un 19.3 %, cumpliendo el valor mínimo de 70.0 % establecido en el Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013, mejorando así las propiedades físicas como la Durabilidad, Susceptibilidad a la Humedad y el Envejecimiento prematuro de las mezclas asfálticas en caliente.
  
5. Se concluye que al evaluar el comportamiento estructural de la mezcla asfáltica endurecida mediante el ensayo de la viga Benkelman en el tramo de 2+000 – 3+000 km en la carretera de Mazamari – Pangoa -Cubantia, evaluado en los dos carriles de la vía obteniendo una deflexión promedio para el carril derecho de  $37.5 \times 10^{-2}$  mm con un radio de curvatura de 162.5 m y para el carril izquierdo de  $37.7 \times 10^{-2}$  mm con un radio de curvatura de 164.3 m, cumpliendo los requerimientos establecidos de valores menores de  $40.0 \times 10^{-2}$  mm en ambos carriles, para un grado de confiabilidad al 95%, determinando así un buen comportamiento estructural del pavimento a las sollicitaciones de carga que serán sometidas.

## RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la correcta supervisión durante la producción del asfalto, controlar la temperatura de salida de la mezcla asfáltica de planta, así como también la temperatura de llegada y posterior colocación, de igual manera se recomienda utilizar las maquinarias adecuadas para compactación de la carpeta asfáltica.
2. Se sugiere utilizar el agregado con producción en plantas de trituración para mejorar la adherencia entre agregado y el ligante asfáltico.
3. Se sugiere emplear la cantera de Satipo para posteriores Proyectos de Pavimentación, sin necesidad de explorar canteras lo cual incurre en la alteración de nuestro ecosistema, provocando impactos ambientales irreversibles.
4. Se recomienda realizar ensayos de desempeño como el Módulo Resiliente para estudiar mejor los comportamientos de las mezclas asfálticas bajo efectos de cargas de tráfico pesado.
5. Se recomienda ampliar la presente investigación empleando polímeros que ayude a mejorar el comportamiento de las mezclas asfálticas en zonas alto andinas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Per. (2013). "Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para Construcción". Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Per. (2013). "Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos". Lima, Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Per. (2016). "Manual de Ensayo de Materiales". Lima, Perú.
- CHIQUITO SALCEDO, A. J. (2015). "Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente Empleando Agregados de la Cantera San Vicente de Colonche y del Río San Rafael de la Provincia de Santa Elena Utilizando el Método Marshall" Guayaquil, Ecuador
- MODERA TOVAR, E. C. (2018). "Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica Densa en Caliente con Adición de Polipropileno". Bogotá, Colombia.
- AILA PAUCAR, M. E. (2013). "Comportamiento de una Mezcla Asfáltica Modificada con Polímero Etileno Vinil Acetato (EVA)". Guayaquil, Ecuador.
- MÉNDEZ GONZÁLEZ, G. R. (2014). "Diseño de Mezcla Asfáltica, Mediante la Metodología Marshall, Utilizando Asfalto Espumado". Porto, El Salvador.

- WELLMANN VON QUEDNOW, W. F. (2005). "Diseño y Construcción de Mezclas Asfálticas Tipo SMA". Landívar, Guatemala.
- VALDIVIA SÁNCHEZ, V. L. (2017). "Análisis del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente incorporando polímeros SBS en la Av. Universitaria cuadra 53 al 57- Comas, Lima 2017". Lima, Perú.
- HERNÁNDEZ AGUILAR, M. A. (2018). "Análisis del Comportamiento de Mezclas Asfálticas en Caliente con Fibras de Polipropileno Incorporada para Condiciones de Zonas de Altura". Lima, Perú.
- ORDOÑEZ LUJANO, A. B. (2016). "Comportamiento Mecánico de Mezclas asfálticas en Caliente, Empleando Cal, en los Aeropuertos Del Sur del Perú". Juliaca, Perú.
- CAHUANA HUAYANCA, Patricia Elizabeth (2018). "Análisis Comparativo del Comportamiento Mecánico de una Mezcla Asfáltica Modificada con Betutec IC + Aditivo Warmix Respecto a la Mezcla Asfáltica Convencional". Lima, Perú.
- RAMÍREZ MONTENEGRO, M. A. (2015). "Evaluación de Compatibilidad de Mezclas Asfálticas, Utilizando Agregados de la Cantera San Martin con Cemento Asfáltico Pen60/70 y Emulsión Asfáltica CSS-1HP. Trujillo, Perú.

## **ANEXOS**

**Anexo 01: Matriz de consistencia**

**COMPORTAMIENTO FISICO - MECANICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO**

<b>PROBLEMA</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>HIPOTESIS</b>	<b>VARIABLES</b>	<b>METODOLOGIA</b>
<b>Problema General.</b>	<b>Objetivo General.</b>	<b>Hipótesis General.</b>	<b>Variable Independiente</b>	<p><b>Método de investigación</b> Científico</p> <p><b>Tipo de investigación</b> Aplicada</p> <p><b>Nivel de Investigación</b> Descriptivo</p> <p><b>Diseño de investigación:</b> No Experimental</p> <p><b>Población</b> La población de estudio estuvo constituida por la carretera Mazamari – Pangoa - Cubantía que comprende 34+530 km.</p> <p><b>Muestra</b> El tipo de muestro fue el no aleatorio o dirigido, y que para este informe se seleccionó el tramo que comprende del km 2+000 al km 3+000, siendo esta 1 km.</p>
¿Cuál es el comportamiento físico - mecánico de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo?	Determinar el comportamiento físico-mecánico de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo.	Las mezclas asfálticas en caliente presentan resultados positivos el cual garantiza a través de sus propiedades físico – mecánico el buen comportamiento frente a los esfuerzos producidos por cargas vehiculares y agentes meteorológicos.	<p><b>Mezclas asfálticas en Caliente</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ensayo Lottman con Ricot-Z.</li> <li>2. Diseño por el método Marshall.</li> <li>3. Ensayo de Estabilidad Retenida</li> <li>4. Evaluación RICE.</li> <li>5. Ensayo de la viga Benkelman</li> </ol>	
<b>Problemas Específicos.</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>		
a) ¿En qué medida varía el comportamiento de la Adherencia entre agregado - ligante de la mezcla asfáltica en caliente y su influencia sobre las propiedades físicas a diferentes dosificaciones de cemento asfáltico?	a) Determinar la capacidad de Adherencia de la mezcla asfáltica en caliente y su influencia en las propiedades físicas a diferentes dosificaciones de cemento asfáltico.	a) La Adherencia estará identificada directamente sobre la dosificación de cemento asfáltico el cual estará vinculado a la combinación de agregados evaluados mediante sus propiedades físicas de mezclas asfálticas en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo.	<p><b>Variable Independiente</b></p> <p><b>Comportamiento Físico - mecánico</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Durabilidad</li> <li>2. Adherencia de la mezcla</li> <li>3. Estabilidad</li> <li>4. Elasticidad</li> <li>5. Flujo</li> <li>6. Deflexión</li> </ol>	
b) ¿En qué medida varía la Estabilidad - Flujo y cuál es su influencia en las propiedades físico – mecánico de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo?	b) Evaluar la Estabilidad - Flujo en relación al contenido óptimo de cemento asfáltico y su influencia en las propiedades físico - mecánico de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo.	b) La adecuada Estabilidad - Flujo mejora el comportamiento mediante las propiedades físico – mecánico de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo.		
c) ¿En qué medida varía la Resistencia Retenida (TSR) con la incorporación de aditivo RICOT - Z y cómo influye en el comportamiento de las propiedades físicas de mezclas asfálticas en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo?	c) Evaluar la Resistencia Retenida (TSR) con la incorporación de aditivo RICOT - Z y su influencia en las propiedades físicas de mezcla asfáltica en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo.	c) La incorporación de aditivo RICOT – Z establece una adecuada Resistencia Retenida (TSR) mejorando las propiedades físicas de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo.		

<p>d) ¿De qué manera interviene la deflexión del pavimento en el análisis de las propiedades físico – mecánico de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia Satipo?</p>	<p>d) Determinar la deflexión del pavimento en el análisis de las propiedades físico – mecánico de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo.</p>	<p>d) El control de la deflexión permitirá analizar la condición estructural sobre las propiedades físico – mecánico de mezclas asfálticas en caliente en el distrito de Mazamari, provincia de Satipo.</p>		
--	--	---	--	--

PANEL FOTOGRÁFICO



**Figura N° 01:** Diseño de asfalto método Marshall compactación variable para hallar el óptimo contenido de asfalto



**Figura N° 02:** Ensayo de rice para hallar el peso específico máximo de las mezclas asfálticas



Figura N° 03: Ensayo Lottman con adherencia de aditivo.



Figura N° 04: Ensayo de lavado asfáltico por método de centrifugación



**Figura N° 05:** Eso es parte del ensayo rice verificación del picnómetro



**Figura N° 06:** Es el ensayo de estabilidad /flujo desplazamiento y deformación del espécimen



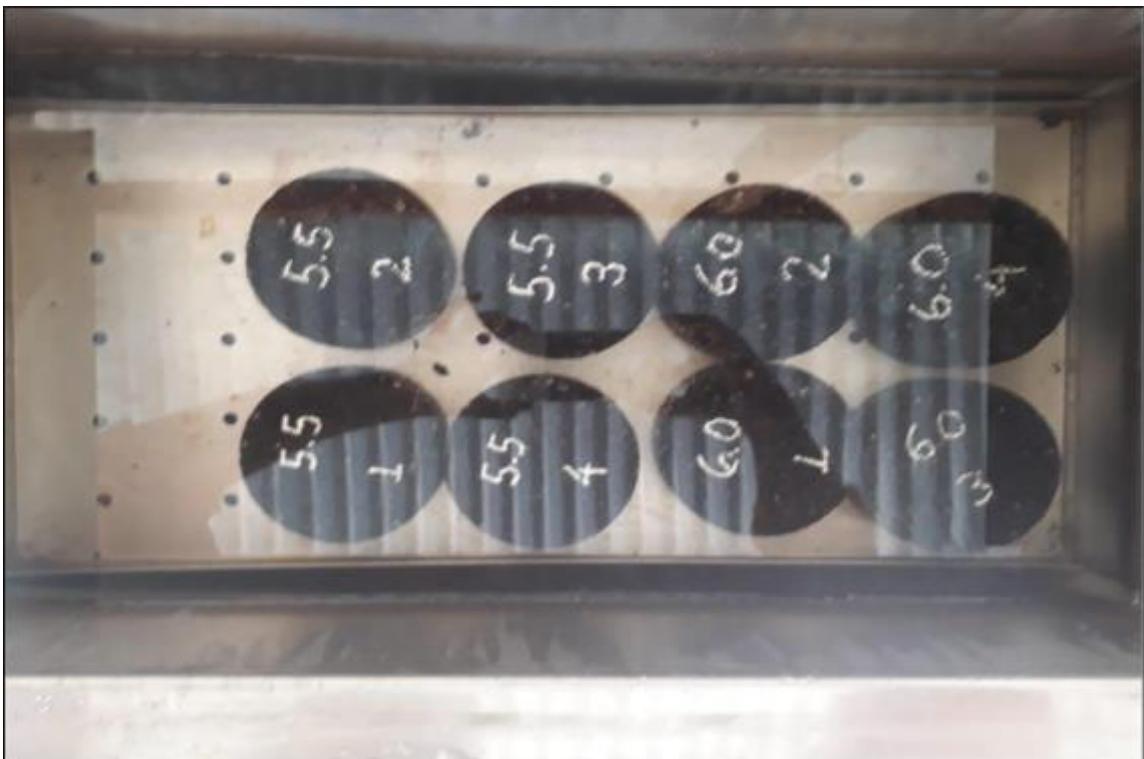
**Figura N° 07:** Eso es la mezcla del agregado con el asfalto para tener uniformidad y de igual manera ver la adherencia



**Figura N° 08:** Cuarteo de material para hacer el ensayo de análisis granulométrico



**Figura N° 09:** Briqueta con diferente contenido de asfalto



**Figura N° 20:** Saturación de especímenes en el equipo de Baño María para hacer el ensayo de estabilidad



**Figura N° 21:** Muestreo de mezcla asfáltica y control de temperatura



**Figura N° 22:** Muestra para ensayo rice



**Figura N° 23:** Control de temperatura de asfalto



**Figura N° 24:** Asfalto en el agregado para la mezcla.



**Figura N° 25:** prensa Marshall



**Figura N° 26:** Colocación del asfalto producido con material de la cantera Satipo



**Figura N° 27:** Colocación del asfalto producido con material de la cantera Satipo



**Figura N° 28:** Ensayo de lisura, verificación de la uniformidad de la colocación del asfalto.



**Figura N° 29:** Deflectometría a nivel de carpeta asfáltica Km 2+000 – 3+000 Plataforma completa.



**Figura N° 30:** Deflectometría a nivel de carpeta asfáltica Km 2+000 – 3+000 plataforma completa.

MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE MAC-2  
PEN – 60/70

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422 / AASHTO T-88 / MIC L-107)

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI PANGOA CUBANTIA

TRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA

DISEÑO DE ASFALTO ( Teórico )

Ing. Resp. M.O.S.

CANTERA : Salipo

Tec. Responsable J.L.M.M.

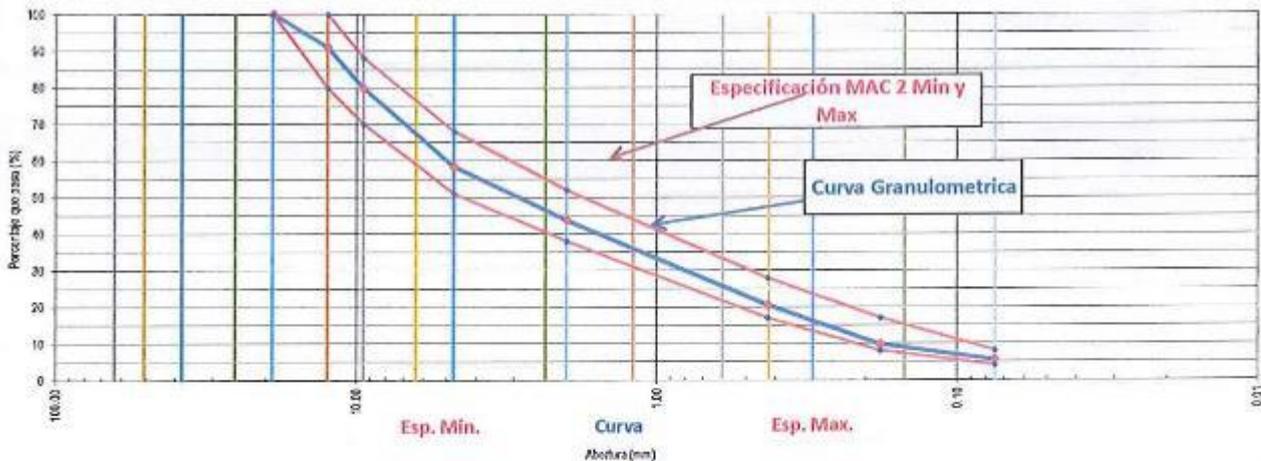
UBICACIÓN : Pangoa

Bachiller G. Reyes I.

MATERIAL : Para Concreto Asfáltico en Caliente

TAMIZ	ABER. (mm)	COMBINACION TEORICO DISEÑO DE ASFALTO												
		Grava Chancada % Promedio Retenido Parcial		Arena Chancada % Promedio Retenido Parcial		Arena Zrandeado % Promedio Retenido Parcial		%Ret. Parc. Combinación	%Ret. AC.	% Pasa	ESPEC. MAC 2			
		% De Combinación		% De Combinación		% De Combinación								
		26	% Ret. En Mezcla	42	% Ret. En Mezcla	32	% Ret. En Mezcla							
3"	76.200							100.0						
2 1/2"	63.500													
2"	50.800													
1 1/2"	37.500													
1"	25.000													
3/4"	19.000										100	100	100	
1/2"	12.500	35.0	9.1					9.1	9.1	90.9	80	100		
3/8"	9.500	42.5	11.1					11.1	20.2	79.9	70	88		
Nº 4	4.750	20.3	5.3	34.1	14.3	6.1	2.0	21.6	41.7	58.3	51	68		
Nº 8	2.360													
Nº 10	2.000	2.1	0.5	23.2	9.7	13.2	4.2	14.5	56.2	43.8	38	52		
Nº 16	1.190													
Nº 20	0.840													
Nº 30	0.600													
Nº 40	0.425			22.0	9.2	43.6	14.0	23.2	79.4	20.6	17	28		
Nº 50	0.300													
Nº 80	0.180			9.1	3.8	21.8	7.0	10.8	90.2	9.8	8	17		
Nº 100	0.150													
Nº 200	0.075			4.3	1.8	7.8	2.5	4.3	94.5	5.5	4	8		
< Nº 200				7.4	3.1	7.5	2.4	5.5	100.0					
		100	26	100	42	100	32	100						

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



Observaciones:



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### ENSAYO MARSHALL MTC E-504 ASTM D-1559

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	N° De Registro M - 001
TRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	Ing. Responsable M.Q.S.
MATERIAL : Para Concreto Asfáltico en Caliente (Combinación Física)	Tec. Responsable J.L.M.M.
CANTERA : Satipo	Bachiller G. Reyes T.
PROGRESIVA : ACC. PLE. CASHINGARI	

#### MARSHALL CON 4.5 %

Tamices ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200
% Pasa Material	100	90.9	79.9	58.3	43.8	20.6	9.8	5.5
Especificaciones	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

N°	BRIQUETAS	N°	1	2	3		PROM	ESP.TEC.
1	C. ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA	%	4.50	4.50	4.50		4.50	
2	AGR. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	39.83	39.83	39.83			
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	54.80	54.80	54.80			
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00			
5	P. FSP. DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.023	1.023	1.023			
6	P. FSP. BULK DEL AGREGADO GRUESO		2.680	2.680	2.680			
7	P. FSP. APARENTE DEL AGREGADO GRUESO		2.749	2.749	2.749			
8	P. FSP. BULK DEL AGREGADO FINO		2.702	2.702	2.702			
9	P. FSP. APARENTE DEL AGREGADO FINO		2.735	2.735	2.735			
10	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER APARENTE		0.000	0.000	0.000		0.000	
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm						
12	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1225.0	1235.0	1224.5			
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA	gr	1228.0	1237.0	1226.5			
14	PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	703.5	709.3	704.2			
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA	cc	524.5	528.7	522.3			
16	P. FSP. BULK DE LA BRIQUETA		2.336	2.336	2.344		2.339	
17	P. FSP. MÁXIMO ASTM D-2041		2.524	2.524	2.524			
18	MÁXIMA DENSIDAD TEÓRICA		2.569	2.569	2.569			
19	VACIOS	%	7.46	7.45	7.11		7.3	3 - 5
20	P. FSP. BULK DEL AGREGADO TOTAL		2.693	2.693	2.693			
21	V.M.A.	%	17.9	17.9	17.6		17.8	Mín. 14
22	VACIOS LLENOS CON C. ASFÁLTICO	%	58.4	58.4	58.6		58.8	
23	PESO FSP. APARENTE DEL AGREGADO TOTAL		2.765	2.765	2.765			
24	P. FSP. EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL		2.711	2.711	2.711			
25	C. ASF. ABSORBIDO POR EL AGR. TOTAL	%	0.26	0.26	0.26			
26	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO	%	4.25	4.25	4.25			
27	FLUJO	mm	2.794	2.794	2.794		2.794	2.03 - 3.56
28	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1125	1136	1145			
29	FACTOR DE ESTABILIDAD		0.98	0.96	1.00			
30	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1080	1091	1145		1105	Mín. 815
31	FACTOR DE RIGIDEZ	kg/cm	3905	3903	4098		3956	1/00 - 4000

OBSERVACIONES: DOSIFICACION:	% DISEÑO		% MEZCLA	
	Grava triturada 3/4"	26.0 %	41.7 %	
Arena triturada 3/8"	42.00 %		58.3 %	
Arena Zarronzada 3/8"	17.0 %			

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*José Luis Manrique Matos*  
TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Ing. Marco Polo Quispe Sinca*  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### ENSAYO MARSHALL MTC E-504 ASTM D-1559

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	N° De Registro M - 001
TRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	Ing. Responsable M.Q.S.
MATERIAL : Para Concreto Asfáltico en Caliente (Combinación Física)	Tec. Responsable J.L.M.M.
CANTERA : Salipo	Bachiller G. Reyes T.
PROGRESIVA : ACC. PIE. CASHINGARI	

#### MARSHALL CON 5.0 %

Tarnices ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200
% Pasa Material	100	90.9	79.9	58.3	43.8	20.6	9.8	5.5
Especificaciones	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

N°	BRIQUETAS	N°	1	2	3			PIOM	ESP.TEC.
1	C. ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.00	5.00	5.00			5.00	
2	AGR. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	95.00	95.00	95.00				
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	-0.87	-0.87	-0.87				
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00				
5	P. ESP. DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.023	1.023	1.023				
6	P. ESP. BULK DEL AGREGADO GRUESO		2.680	2.680	2.680				
7	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO GRUESO		2.749	2.749	2.749				
8	P. ESP. BULK DEL AGREGADO FINO		2.702	2.702	2.702				
9	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO FINO		2.735	2.735	2.735				
10	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER APARENTE		0.000	0.000	0.000			0.000	
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBEA	cm.							
12	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1228.6	1233.1	1231.7				
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA	gr	1230.1	1235.1	1233.6				
14	PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	709.2	712.0	711.3				
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA	(13-14)	cc.	520.9	523.1	522.3			
16	P. ESP. BULK DE LA BRIQUETA	(12/15)		2.359	2.357	2.358		2.358	
17	P. ESP. MÁXIMO ASTM D-2041			2.517	2.517	2.517			
18	MÁXIMA DENSIDAD TEÓRICA			2.556	2.556	2.556			
19	VACIOS	(17-18)*100/17	%	6.3	6.3	6.3		6.3	3 - 5
20	P. ESP. BULK DEL AGREGADO TOTAL	(2+3+4)/(2/3)+(3/3)+(4/3)		2.680	2.680	2.680			
21	V.M.A.	100 (2+3+4)/(16/20)	%	17.2	17.2	17.2		17.2	Mín. 14
22	VACIOS LLENOS CON C. ASFÁLTICO	100*(21-19)/21	%	63.3	63.1	63.2		63.2	
23	PESO ESP. APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	(100-1)/(12/3)+(3/3)		2.775	2.775	2.775			
24	P. ESP. EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	(100-1)/(100/17)-(1/20)		2.727	2.727	2.727			
25	C. ASF. ABSORBIDO POR EL AGR. TOTAL	(100*5*(24-20))/(24*20)	%	0.65	0.65	0.65			
26	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO	1-(25*(2+3+4)/100)	%	4.38	4.38	4.38			
27	FLUJO		mm	3.048	3.048	3.048		3.048	2.03 - 3.56
28	ESTABILIDAD SIN CORREGIR		kg	1152	1210	1168			
29	FACTOR DE ESTABILIDAD			1.00	0.96	1.00			
30	ESTABILIDAD CORREGIDA		kg	1152	1162	1168		1161	Mín. 815
31	FACTOR DE RIGIDEZ		kg/cm	3780	3611	3832		3808	1700 - 4000
	RELACIÓN/POLO CEMENTO ASFÁLTICO								

OBSERVACIONES:	DOSIFICACION:	% DISEÑO		% MEZCLA	
Grava triturada 3/4"		26.0 %		41.7 %	
arena triturada 3/8"		42.00 %		58.3 %	
arena Zerrada 3/8"		32.0 %			

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA  
  
 José Luis Enrique Alales  
 TEG. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA  
  
 Ina. Marco Polo Quispe Sinca  
 TEG. EN SUELOS Y PAVIMENTOS



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### ENSAYO MARSHALL MTC E-504 ASIM D-1559

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	N° De Registro M - 001
FRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	Ing. Responsable M.Q.S.
MATERIAL : Para Concreto Asfáltico en Caliente (Combinación Física)	Tec. Responsable J.L.M.M.
CANTERA : Satipo	Bachiller G. Reyes I.
PROGRESIVA : ACC. PTE. CASHINGARI	

#### MARSHALL CON 5.5 %

Tamices ASIM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200
% Pasa Material	100	90.9	79.9	58.3	43.8	20.6	9.8	5.5
Especificaciones	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

N°	BRIQUETAS	N°	1	2	3		PROM	ESP.TEC.
1	C. ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.50	5.50	5.50		5.50	
2	AGR. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	94.50	94.50	94.50			
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	-0.87	-0.87	-0.87			
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00			
5	P. ESP. DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.023	1.023	1.023			
6	P. ESP. BULK DEL AGREGADO GRUESO		2.680	2.680	2.680			
7	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO GRUESO		2.749	2.749	2.749			
8	P. ESP. BULK DEL AGREGADO FINO		2.702	2.702	2.702			
9	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO FINO		2.735	2.735	2.735			
10	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER APARENTE		0.000	0.000	0.000		0.000	
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm						
12	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1232.5	1230.5	1229.1			
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA	gr	1234.5	1232.3	1229.8			
14	PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	713.3	713.9	710.5			
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA	(13-19)	cc	521.2	518.4	519.3		
16	P. ESP. BULK DE LA BRIQUETA	(12/15)		2.365	2.374	2.367	2.368	
17	P. ESP. MÁXIMO ASTM D-2041			2.492	2.492	2.492		
18	MÁXIMA DENSIDAD TEÓRICA			2.536	2.536	2.536		
19	VACIOS	(17-18)*100/17	%	5.0	4.74	5.01	5.0	3 - 5
20	P. ESP. BULK DEL AGREGADO TOTAL	(2+3+4)/(2/16)+(3/8)+(4/10)		2.680	2.680	2.680		
21	V.M.A.	100-(2+3+4)/(16/20)	%	17.4	17.1	17.3	17.2	Mín. 14
22	VACIOS LLENOS CON C. ASFÁLTICO	100*(21-19)/21	%	70.7	72.2	71.0	71.3	
23	PESO ESP. APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	(100-1)/(2/7)+(3/9)		2.775	2.775	2.775		
24	P. ESP. EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	(100-1)/[(100/17)-(1/5)]		2.719	2.719	2.719		
25	C. ASF. ABSORBIDO POR EL AGR. TOTAL	(100*5*(2+3+4)/100)	%	0.55	0.55	0.55		
26	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO	1-(25*(2+3+4)/100)	%	4.98	4.98	4.98		
27	FLUJO		mm	3.302	3.556	3.302	3.387	2.03 - 3.56
28	ESTABILIDAD SIN CORREGIR		kg	1244	1285	1285		
29	FACTOR DE ESTABILIDAD			1.00	1.00	1.00		
30	ESTABILIDAD CORREGIDA		kg	1244	1286	1285	1272	Mín. 815
31	FACTOR DE RIGIDEZ		kg/cm	3767	3616	3692	3758	1700 - 4000

OBSERVACIONES:	DOSIFICACION:	% DISEÑO	% MEZCLA
	Grava triturada 3/4"	26.0 %	41.7 %
	Arena triturada 3/8"	42.0 %	58.3 %
	Arena Zarandeada 3/8"	32.0 %	

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*José Luis Manrique Matos*  
TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Ing. Marco Polo Quispe Sinca*  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



**LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO**  
 TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

ENSAYO MARSHALL  
 MTC E-504 ASTM D-1559

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA N° De Registro M - 001  
 TRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA Ing. Responsable M.Q.S.  
 MATERIAL : Para Concreto Asfáltico en Caliente (Combinación Física) Tec. Responsable J.I.M.M.  
 CANTERA : Salipo Bachiller G. Reyes T.  
 PROGRESIVA : ACC. PTE. CASHINGARI

**MARSHALL CON 6.0 %**

tamices ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200
% Pasa Material	100	90.9	79.9	58.3	43.8	20.6	9.8	5.5
Especificaciones	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

N°	BRIQUETAS	N°	1	2	3		PROM	ESP.TEC.
1	C. ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.00	6.00	6.00		6.00	
2	AGR. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	94.00	94.00	94.00			
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	-0.86	-0.86	-0.86			
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00			
5	P. ESP. DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.073	1.073	1.073			
6	P. ESP. BULK DEL AGREGADO GRUESO		2.680	2.680	2.680			
7	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO GRUESO		2.749	2.749	2.749			
8	P. ESP. BULK DEL AGREGADO FINO		2.702	2.702	2.702			
9	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO FINO		2.735	2.735	2.735			
10	PESO ESPECIFICO DEL FILLER APARENTE		2.400	2.400	2.400		2.400	
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm						
12	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1230.8	1230.3	1229.3			
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA	gr	1231.7	1232.7	1230.2			
14	PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	717.2	715.2	715.2			
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA	cc.	514.5	516.5	515.0			
16	P. ESP. BULK DE LA BRIQUETA		2.387	2.387	2.387		2.387	
17	P. ESP. MAXIMO ASTM D-2041		2.470	2.470	2.470			
18	MAXIMA DENSIDAD TEORICA		2.516	2.516	2.516			
19	VACIOS	(17-18)*100/17	3.14	3.55	3.35		3.3	3 - 5
20	P. ESP. BULK DEL AGREGADO TOTAL	$(2+3+4)/(2/2)+(3/3)+(4/4)$	2.680	2.680	2.680			
21	V.M.A.	$100-(2+3+4)/(16/20)$	16.9	17.2	17.0		17.0	Min. 14
22	VACIOS LLENOS CON C. ASFÁLTICO	$100*(21-19)/21$	81.4	79.4	80.3		80.4	
23	PESO ESP. APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	$(100-1)/(2/2)+(3/3)$	2.775	2.775	2.775			
24	P. ESP. EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	$(100-1)/(100/17)-(1/5)$	2.715	2.715	2.715			
25	C. ASF. ABSORBIDO POR EL AGR. TOTAL	$(100*(5*(24-20)/(24+20))$	0.49	0.49	0.49			
26	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO	$1-(25*(2+3+4)/100)$	5.54	5.54	5.54			
27	FLUJO	mm	3.810	3.810	3.810		3.810	2.03 - 3.56
28	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	lg	1281	1291	1272			
29	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.00	1.00	1.00			
30	ESTABILIDAD CORREGIDA	lg	1281	1291	1272		1281	Min. 815
31	FACTOR DE RIGIDEZ	lg/cm	3362	3388	3339		3363	1700 - 4000

OBSERVACIONES:	DOSIFICACION:	% DISEÑO		% MEZCLA	
Grava triturada 3/4"		26.0 %		41.7 %	
Arena triturada 3/8"		42.00 %		58.3 %	
Arena Zarandeada 3/8"		32.0 %			

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA  
  
 José Luis Enrique Matos  
 TEG. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA  
  
 Ing. Marco Pío Quiroga Saco  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### ENSAYO MARSHALL MTC E-504 ASTM D-1559

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	N° De Registro M - 001
TRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	Ing. Responsable M.Q.S.
MATERIAL : Para Concreto Asfáltico en Caliente (Combinación Física)	Tec. Responsable J.L.M.M.
CANTERA : Salpo	Bachiller G. Reyes I.
PROGRESIVA : ACC. PTE. CASHINGARI	

#### MARSHALL CON 6.5 %

Tamices ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200
% Pasa Material	100	90.9	79.9	58.3	43.8	20.6	9.8	5.5
Especificaciones	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

N°	BRIQUETAS	N°	1	2	3		PROM	ESP.TEC.
1	C. ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.50	6.50	6.50		6.50	
2	AGR. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	93.50	93.50	93.50			
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	-0.86	-0.86	-0.86			
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00			
5	P. ESP. DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.023	1.023	1.023			
6	P. ESP. BULK DEL AGREGADO GRUESO		2.680	2.680	2.680			
7	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO GRUESO		2.749	2.749	2.749			
8	P. ESP. BULK DEL AGREGADO FINO		2.702	2.702	2.702			
9	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO FINO		2.735	2.735	2.735			
10	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER APARENTE		0.000	0.000	0.000		0.000	
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBEA	cm						
12	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1226.4	1231.3	1229.8			
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA	gr	1227.1	1232.0	1230.5			
14	PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	716.0	717.5	716.0			
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA	cc	511.1	514.5	514.5			
16	P. ESP. BULK DE LA BRIQUETA		2.400	2.393	2.390		2.394	
17	P. ESP. MÁXIMO ASTM D-2041		2.452	2.452	2.452			
18	MÁXIMA DENSIDAD TEÓRICA		2.497	2.497	2.497			
19	VACIOS	%	2.13	2.39	2.51		2.3	3 - 5
20	P. ESP. BULK DEL AGREGADO TOTAL		2.655	2.655	2.655			
21	V.M.A.	%	16.3	15.5	16.6		16.5	Min. 14
22	VACIOS LLENOS CON C. ASFÁLTICO	%	86.9	85.5	84.9		85.8	
23	PESO ESP. APARENTE DEL AGREGADO TOTAL		2.775	2.775	2.775			
24	P. ESP. EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL		2.716	2.716	2.716			
25	C. ASF. ABSORBIDO POR EL AGR. TOTAL	%	0.85	0.85	0.85			
26	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO	%	5.71	5.71	5.71			
27	FLUJO	mm	4.318	4.318	4.572		4.403	2.03 - 3.56
28	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1105	1108	1108			
29	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.00	1.00	1.00			
30	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1105	1108	1108		1107	Min. 815
31	FACTOR DE RIGIDEZ	kg/cm	2559	2566	2423		2516	1700 - 4000

OBSERVACIONES:	DOSIFICACION:	% DISEÑO	% MEZCLA
Grava triturada 3/4"		26.0 %	41.7 %
Arena triturada 3/8"		42.00 %	58.3 %
Arena Zarandeada 3/6"		32.0 %	

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*José Luis Montique Matos*  
TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Ing. Marco Polo Quispe Sica*  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



**LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO**  
 TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

**GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA (RICE)**

MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA N° De Registro M - 001  
 TRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA Ing. Responsable M.Q.S.  
 MATERIAL : Para Concreto Asfáltico en Caliente (Combinación Física) Tec. Responsable J.L.M.M.  
 CANTERA : Salipo Bachiller G. Reyes T.  
 PROGRESIVA : ACC. PTE. CASHINGARI

**DENSIDAD MAXIMA TEORICA RICE DE DISEÑO**

ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5
CEMENTO ASFALTICO	%	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
PESO DEL MATERIAL	gr	1225.6	1214.5	1216.0	1225.0	1234.5
PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	gr	7925.0	7928.0	7924.0	7926.0	7929.0
PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (en aire)	gr	9150.6	9142.5	9140.0	9151.0	9163.5
PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (en agua)	gr	8665.0	8660.0	8652.0	8655.0	8660.0
VOLUMEN DEL MATERIAL	cc	485.6	482.5	488.0	496.0	503.5
PESO ESPECIFICO MAXIMO	gr/cc	2.524	2.517	2.492	2.470	2.452
<b>DOSIFICACION :</b>						
GRAVA 3/4"	%	26.0				
ARENA TRITURADA 3/8"	%	42.00				
ARENA NATURAL 3/8"	%	32.0				
CAL HIDRATADA	%	0.00				
PEN		60-70				

Observaciones

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*José Luis Manrique Matos*  
 TEC. LABORATORISTA

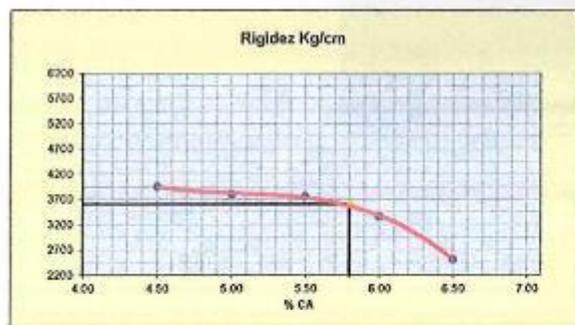
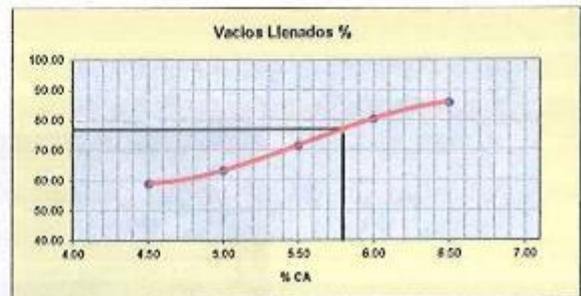
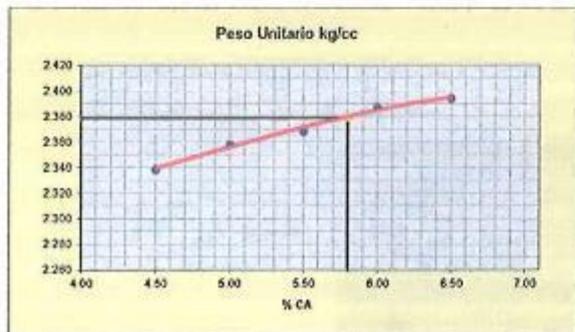
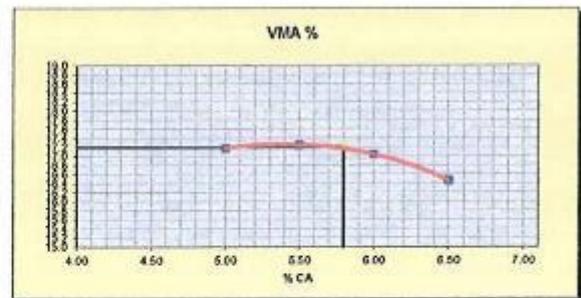
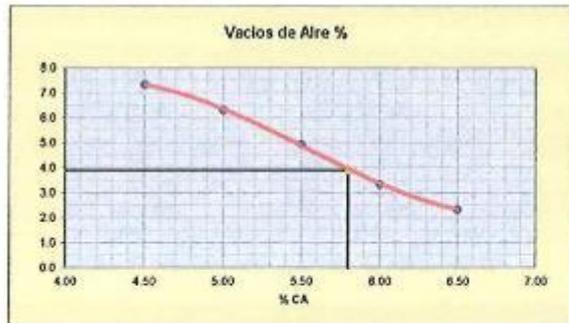
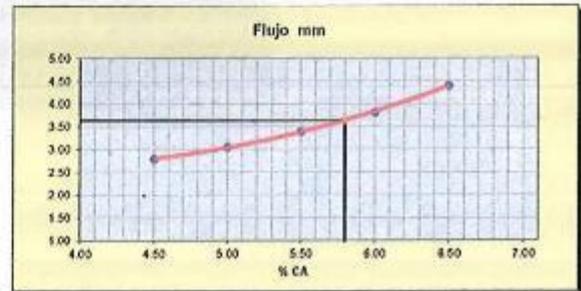
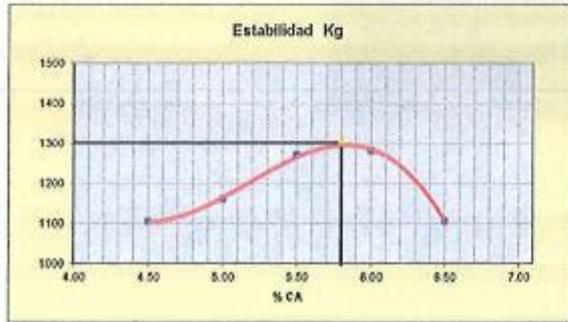
CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Ing. Marco Polo Quispe Sinca*  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

DETERMINACION DEL OPTIMO CONTENIDO DE CEMENTO ASFALTICO

MTC E-508, ASTM D-2041, MASHTO T-209

PROYECTO	REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGO - CUBANTIA	N° De Registro M - 001
TRAMO	MAZAMARI - PANGO - CUBANTIA	Ing. Responsable M.Q.S.
MATERIAL	Para Concreto Asfaltico en Caliente (Combinación Física)	Tec. Responsable J.L.M.M.
CANTERA	Satipo	Bachiller G. Reyes T.
UBICACIÓN	ACC. PTE. CASHINGARI	



RESUMEN DE RESULTADOS			
GOLPES POR LADO		75	75
CEMENTO ASFALTICO	%	5.80	
PESO UNITARIO	gr/cc.	2.379	
VACIOS	%	3.9	3 - 5
V.M.A.	%	17.2	14 M/n
VACIOS LLENOS CON C.A.	%	77.0	
FLUJO	mm.	3.640	2.03 - 3.56
ESTABILIDAD	kg.	1302	815 M/n
FACTOR DE RIGIDEZ	kg/cm	3605	1700 - 4000
INDICE DE COMPACTIBILIDAD	%	6.64	5 M/n
ESTABILIDAD RETENIDA	%	84.8	70 M/n



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	N° De Registro M - 001
TRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	Ing. Responsable M.Q.S.
MATERIAL : Para Concreto Asfáltico en Caliente (Combinación Física)	Tec. Responsable J.L.M.M.
CANTERA : Satipo	Bachiller G. Reyes T.
PROGRESIVA : ACC. PTE. CASHINGARI	

#### MARSHALL OPTIMO 5.8 %

Tamices ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200
% Pasa Material	100	90.9	79.9	58.3	43.8	20.6	9.8	5.5
Especificaciones	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

N°	BRIQUETAS	N°	1	2	3		PROM	ESP. H.C.
1	C. ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.80	5.80	5.80		5.80	
2	AGR. GRUISO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	94.20	94.20	94.20			
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	-0.87	-0.87	-0.87			
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00			
5	P. ESP. DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.023	1.023	1.023			
6	P. ESP. BULK DEL AGREGADO GRUESO		2.680	2.680	2.680			
7	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO GRUESO		2.749	2.749	2.749			
8	P. ESP. BULK DEL AGREGADO FINO		2.702	2.702	2.702			
9	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO FINO		2.735	2.735	2.735			
10	PESO ESPECIFICO DEL FILLER APARENTE		0.000	0.000	0.000		0.000	
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm						
12	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1232.6	1234.1	1223.3			
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA	gr	1233.8	1236.2	1224.3			
14	PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	711.1	714.2	710.7			
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (13-14)	cc	522.7	522.0	513.6			
16	P. ESP. BULK DE LA BRIQUETA (12/15)		2.358	2.364	2.382		2.368	
17	P. ESP. MAXIMO ASTM D-2041		2.474	2.474	2.474			
18	MAXIMA DENSIDAD TEORICA		2.524	2.524	2.524			
19	VACIOS (17-16)*100/17	%	4.67	4.42	3.71		4.3	3 - 5
20	P. ESP. BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2/10)+(3/8)+(4/100)		2.680	2.680	2.680			
21	V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/20)	%	17.9	17.7	17.0		17.5	Min. 14
22	VACIOS EFECTIVOS CON C. ASFÁLTICO 100*(21-19)/21	%	73.9	74.9	78.2		75.7	
23	PESO ESP. APARENTE DEL AGREGADO TOTAL (100-1)/(100/10)-(1/31)		2.775	2.775	2.775			
24	P. ESP. EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (100-1)/(100/10)-(1/31)		2.710	2.710	2.710			
25	C. ASF. ABSORBIDO POR EL AGR. TOTAL (100*(24-20))/(24+20)	%	0.43	0.43	0.43			
26	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(25*(2+3+4)/100)	%	5.40	5.40	5.40			
27	FLUJO	mm	3.556	3.556	3.556		3.556	2.03 - 3.56
28	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1305	1283	1287			
29	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.00	1.00	1.00			
30	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1305	1283	1287		1292	Min. 815
31	FACTOR DE RIGIDEZ	kg/cm	3670	3608	3619		3632	1700 - 4000
	RELACIÓN/POLVO CEMENTO ASFÁLTICO			0.95				

OBSERVACIONES:	DOSIFICACION:	% DISEÑO	% MEZCLA
	Grava triturada 3/4"	26.0 %	41.7 %
	Arena triturada 3/8"	42.00 %	58.3 %
	Arena Zarandeada 3/8"	32.0 %	

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*José Luis Martínez Matos*  
TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Ing. Marco Polo Quispe Sinca*  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	N° De Registro M - 001
TRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	Ing. Responsable M.Q.S.
MATERIAL : Para Concreto Asfáltico en Caliente (Combinación Física)	Tec. Responsable J.L.M.M.
CANTERA : Satipo	Bachiller G. Reyes T.
PROGRESIVA : ACC. PTE. CASHINGARI	

#### MARSHALL OPTIMO 5.8 %

Tamices ASIM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200
% Pasa Material	100	90.9	79.9	58.3	43.8	20.6	9.8	5.5
Especificaciones	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

N°	BRQUETAS	N°	1	2	3			PROM	ESP. ITC.
1	C. ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.80	5.80	5.80			5.80	
2	AGR. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	94.20	94.20	94.20				
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	-0.87	-0.87	-0.87				
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00				
5	P. ESP. DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.023	1.023	1.023				
6	P. ESP. BULK DEL AGREGADO GRUESO		2.680	2.680	2.680				
7	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO GRUESO		2.749	2.749	2.749				
8	P. ESP. BULK DEL AGREGADO FINO		2.702	2.702	2.702				
9	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO FINO		2.735	2.735	2.735				
10	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER APARENTE		0.000	0.000	0.000			0.000	
11	ALIURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm							
12	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1236.1	1236.6	1230.4				
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA	gr	1237.6	1237.1	1231.9				
14	PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	712.4	714.9	712.6				
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (13-14)	cc	525.2	522.2	519.3				
16	P. ESP. BULK DE LA BRIQUETA (12/13)		2.354	2.368	2.369			2.364	
17	P. ESP. MÁXIMO ASTM D-2041		2.461	2.461	2.461				
18	MÁXIMA DENSIDAD TEÓRICA		2.524	2.524	2.524				
19	VACIOS (17-16)*100/17	%	4.37	3.78	3.73			4.0	3 - 5
20	P. ESP. BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(12/13) + (3/8) + (4/10)		2.680	2.680	2.680				
21	V.M.A. 100 - (2+3+4)/(16/20)	%	18.0	17.5	17.5			17.7	Mín. 14
22	VACIOS LLENOS CON C. ASFÁLTICO 100*(21-19)/21	%	75.8	78.4	78.7			77.6	
23	PESO ESP. APARENTE DEL AGREGADO TOTAL (100 - 1)/(100/17) - (19/3)		2.775	2.775	2.775				
24	P. ESP. EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (100 - 1)/(100/17) - (19/3)		2.694	2.694	2.694				
25	C. ASF. ABSORBIDO POR EL AGR. TOTAL (100*5*(24-20)/(24*20)	%	0.21	0.21	0.21				
26	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(25*(2+3+4)/100)	%	5.61	5.61	5.61				
27	FLUJO	mm	3.556	3.302	3.556			3.471	2.03 - 3.56
28	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1315	1288	1285				
29	FACTOR DE ESTABILIDAD		0.96	1.00	1.00				
30	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1262	1288	1285			1278	Mín. 815
31	FACTOR DE RIGIDEZ	kg/cm	3550	3901	3614			3688	1700 - 4000
	RELACIÓN/POLVO CEMENTO ASFÁLTICO		0.95						

OBSERVACIONES	DOSIFICACION	% DISEÑO		% MEZCLA	
Grava triturada 3/4"		26.0 %		41.7 %	
Arena triturada 3/8"		42.00 %		58.3 %	
Arena Zarandeada 1/8"		32.0 %			



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

PROYECTO	REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	N° De Registro M - 001
TRAMO	MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	Ing. Responsable M.Q.S.
MATERIAL	Para Concreto Asfáltico en Caliente (Combinación Física)	Tec. Responsable J.L.M.M.
CANTERA	Satipo	Bachiller G. Reyes T.
PROGRESIVA	ACC. PTE. CASHINGARI	

#### MARSHALL OPTIMO 5.8 %

Tamices ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200
% Pasa Material	100	90.9	79.9	58.3	43.8	20.6	9.8	5.5
Especificaciones	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

N°	BRICUETAS	N°	1	2	3			PROM	ESP.TEC.
1	C. ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.80	5.80	5.80			5.80	
2	AGR. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	94.20	94.20	94.20				
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	-0.87	-0.87	-0.87				
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00				
5	P. ESP. DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.023	1.023	1.023				
6	P. ESP. BULK DEL AGREGADO GRUESO		2.680	2.680	2.680				
7	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO GRUESO		2.749	2.749	2.749				
8	P. ESP. BULK DEL AGREGADO FINO		2.702	2.702	2.702				
9	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO FINO		2.735	2.735	2.735				
10	PESO ESPECIFICO DEL FILLER APARENTE		0.000	0.000	0.000			0.000	
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBITA	cm							
12	PESO DE LA BRICUETA AL AIRE	gr	1233.6	1229.1	1230.9				
13	PESO DE LA BRICUETA SATURADA	gr	1234.1	1231.6	1231.8				
14	PESO DE LA BRICUETA EN AGUA	gr	712.0	711.0	712.0				
15	VOLUMEN DE LA BRICUETA	(13-14)	cc	522.1	520.6	519.8			
16	P. ESP. BULK DE LA BRICUETA	(12/15)		2.363	2.361	2.368		2.364	
17	P. ESP. MAXIMO ASTM D-2041			2.467	2.467	2.467			
18	MAXIMA DENSIDAD TEORICA			2.524	2.524	2.524			
19	VACIOS	(17-18)*100/17	%	4.22	4.30	4.01		4.2	3 - 5
20	P. ESP. BULK DEL AGREGADO TOTAL	(2+3+4)/(2/5)+(3/8)+(4/10)		2.680	2.680	2.680			
21	V.M.A.	100-(2+3+4)/(5/20)	%	17.7	17.8	17.5		17.7	Mín. 14
22	VACIOS LLENOS CON C. ASFÁLTICO	100*(21-19)/21	%	76.2	75.8	77.1		76.4	
23	PESO ESP. APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	(100-5)/(2/7)+(3/9)		2.775	2.775	2.775			
24	P. ESP. EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	(100-5)/(100/17)-(1/5)		2.702	2.702	2.702			
25	C. ASF. ABSORBIDO POR EL AGR. TOTAL	(100*5*(21-20))/(21*20)	%	0.31	0.31	0.31			
26	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO	1-(25*(2+3+4)/100)	%	5.51	5.51	5.51			
27	FLUJO		mm	3.302	3.556	3.556		3.471	2.03 - 3.56
28	ESTABILIDAD SIN CORREGIR		kg	1290	1309	1312			
29	FACTOR DE ESTABILIDAD			1.00	1.00	1.00			
30	ESTABILIDAD CORREGIDA		kg	1290	1309	1312		1304	Mín. 815
31	FACTOR DE RIGIDEZ		kg/cm	3907	3681	3690		3759	1700 - 4000
	RELACION/POLVO CEMENTO ASFÁLTICO			0.95					

OBSERVACIONES:	DOSIFICACION:	% DISEÑO	% MEZCLA
	Grava triturada 3/4"	26.0 %	41.7 %
	Arena triturada 3/8"	42.00 %	58.3 %
Arena Zarandada 3/8"	32.0 %		

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Manuel*  
**Manuel Enrique Malos**  
 T.E.C. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Manuel*  
**Manuel Enrique Malos**  
 T.E.C. LABORATORISTA



# LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

11

## GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLA BITUMINOSA (RICE)

MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209

PROYECTO <sup>11</sup>	: REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	N° De Registro M - 001
TRAMO	: MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	Ing. Responsable M.Q.S.
MATERIAL	: Para Concreto Asfáltico en Caliente (Combinación Física)	Tec. Responsable J.L.M.M.
CANTERA	: Satipo	Bachiller G. Reyes T.

### DENSIDAD MAXIMA TEORICA RICE DE DISEÑO

ENSAYO	Nº	Optimo 1	Optimo 1	Optimo 1
Fecha:		18/03/2018	18/03/2018	18/03/2018
CEMENTO ASFALTICO	%	5.80	5.80	5.80
PESO DEL MATERIAL	gr	1232.1	1233.0	1231.0
PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	gr	7927.0	7928.0	7928.0
PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (en aire)	gr	9159.1	9161.0	9159.0
PESO DEL MATERIAL + FRASCO + AGUA (en agua)	gr	8661.0	8660.0	8660.0
VOLUMEN DEL MATERIAL	cc	498.1	501.0	499.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO	gr/cc	2.474	2.461	2.467
DOSIFICACION :				
GRAVA 3/4"	%	26.0	26.0	26.0
ARENA TRITURADA 3/8"	%	42.00	42.00	42.00
ARENA NATURAL 3/8"	%	32.00	32.00	32.00
PEN		60-70	60-70	60-70

Observaciones

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

José Luis Henrique Matos  
 TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

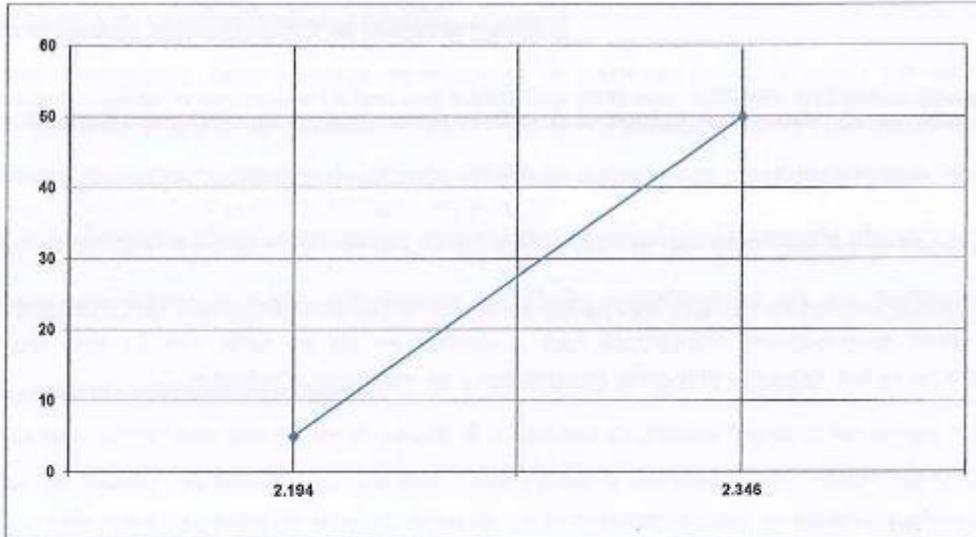
Ing. Marco Polo Quispe Sinca  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



**LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO**  
 TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL  
 DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

**ENSAYO DE ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD**

PROYECTO	REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA		
TRAMO	MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA		
MATERIAL	Para Concreto Asfáltico en Caliente	(Combinación Física)	N° De Registro M - 1
CANTERA	Satipo		Ing. Responsable M.Q.S.
			Tec. Responsable J.L.M.M.
			Bachiller G. Reyes T.



Nº de Muestras	1	2	3	1	2	3
Nº de Golpes Marshall	5	5	5	50	50	50
1,- Peso Briqueta al Aire	1222.3	1222.3	1223.3	1219.1	1211.9	1213.3
2,- Peso Briqueta Saturada con Superf. Seca	1235.0	1226.2	1226.6	1221.1	1213.3	1214.3
3,- Peso por Desplazamiento	677.8	671.0	667.0	701.4	698.0	696.0
4,- Volumen de la Briqueta	557.2	555.2	559.6	519.7	515.3	518.3
5,- Peso Unitario ( Gr./cc)	2.194	2.202	2.186	2.346	2.352	2.341
PROMEDIOS	2.194			2.346		

2.194	2.346
5	50

1  
-----  
GEB(50) - GEB(5)

IC = 6.56

5 MIN.

Observaciones:

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*José Luis Enrique Matos*  
 TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Ing. Marco Pío Quispe Suica*  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



**LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO**  
 TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL  
 DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

**ENSAYO DE ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD**

PROYECTO	REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA		
TRAMO	MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA		
MATERIAL	Para Concreto Asfáltico en Caliente	(Combinación Física)	N° De Registro M - 1
CANTERA	Satipo		Ing. Responsable M.Q.S.
			Tec. Responsable J.L.M.M.
			Bachiller G. Reyes T.



Nº de Muestras	1	2	3	1	2	3
Nº de Golpes Marshall	5	5	5	50	50	50
1.- Peso Briqueta al Aire	1223.3	1221.3	1223.3	1222.0	1216.6	1245.5
2.- Peso Briqueta Saturada con Superf. Seca	1236.0	1225.6	1226.5	1223.3	1217.6	1246.5
3.- Peso por Desplazamiento	678.6	668.0	664.0	700.0	697.6	713.0
4.- Volumen de la Briqueta	557.4	557.6	562.5	523.3	520.0	533.5
5.- Peso Unitario ( Gr./cc)	2.195	2.190	2.175	2.335	2.340	2.335
PROMEDIOS	2.187			2.336		

2.187	2.336
5	50

1
-----
GEB(50) - GEB(5)

IC = 6.67

5 MIN.

Observaciones:

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*José Luis Manrique Matos*  
 José Luis Manrique Matos  
 TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Ing. Marco Polo Quispe Sinca*  
 Ing. Marco Polo Quispe Sinca  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### ENSAYO DE ÍNDICE DE COMPACTABILIDAD

PROYECTO	REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA		
TRAMO	MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA		
MATERIAL	Para Concreto Asfáltico en Caliente	(Combinación Física)	N° De Registro M - 1
CANTERA	Satipo		Ing. Responsable M.Q.S.
			Tec. Responsable J.L.M.M.
			Bachiller G. Reyes T.



Nº de Muestras	1	2	3	1	2	3
Nº de Golpes Marshall	5	5	5	50	50	50
1,- Peso Briqueta al Aire	1221.2	1223.0	1223.3	1235.3	1234.3	1243.3
2,- Peso Briqueta Saturada con Superf. Seca	1236.0	1227.6	1228.6	1236.3	1235.6	1245.3
3,- Peso por Desplazamiento	679.6	673.0	672.0	710.8	712.6	713.0
4,- Volumen de la Briqueta	556.4	554.6	556.6	525.5	523.0	532.3
5,- Peso Unitario ( Gr./cc )	2.195	2.205	2.198	2.351	2.360	2.336
PROMEDIOS	2.199			2.349		

2.199	2.349
5	50

1
-----
GEB(50) - GEB(5)

IC = 6.69

5 MIN.

Observaciones:

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA  
  
 José Luis Manrique Matos  
 TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA  
  
 Ing. Marco Polo Quispe Suca  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

**ENSAYO DE ESTABILIDAD RETENIDA ( 24 HORAS )**

PROYECTO REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGO A - CUBANTIA

TRAMO MAZAMARI - PANGO A - CUBANTIA

MATERIAL Para Concreto Asfáltico en Caliente (Combinación Física)

N° De Registro M - 1

CANTERA Satipo

Ing. Responsable M.Q.S.

Tec. Responsable J.L.M.M.

Bachiller G. Reyes T.

N° DE PROBETAS		Estabilidad Retenida 30 min			Estabilidad Retenida 24 Horas		
		1	2	3	4	5	6
1	Contenido de Cemento Asfáltico	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0	75.0
2	Peso Probeta al Aire	1214.3	1212.2	1216.8	1211.2	1210.4	1212.7
3	Peso de la Probeta Saturada ( 01 Hora )	1216.7	1213.6	1217.3	1212.2	1211.1	1213.6
4	Peso de la Probeta en el Agua	701.3	700.3	703.2	700.7	699.6	700.4
5	Volumen de la Probeta	514.4	513.2	514.1	511.5	511.5	513.2
6	Peso Especifico Bulk de la Probeta	2.361	2.362	2.365	2.368	2.366	2.363
7	Lectura del Dial Anillo Marshall	1385	1381	1329	1152	1154	1166
8	Estabilidad sin Corregir	1385	1381	1329	1152	1154	1166
9	Factor Estabilidad	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10	Estabilidad Corregida ( kg. )	1385	1381	1329	1152	1154	1166
11	Promedio Estabilidad ( 30 Minutos )	1365					
12	Promedio Estabilidad ( 24 Horas )				1157		
13	Estabilidad Retenida ( % )				84.8		

Observaciones:

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA  
  
 Jose Luis Manrique Matos  
 TEG. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA  
  
 Dr. Marco Polo Quispe Sinca  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYOS DE ADHERENCIA

(MEZCLAS ASFALTICAS)



**LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO** TESIS:  
 "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

**ENSAYO DE ADHERENCIA AGREGADO GRUESO - BITUMEN**  
 (MTC - 519 ASTM D - 1664)

PROYECTO	REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA		
TRAMO	MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA		
ESTRUCTURA	Mezcla De Concreto Asfaltico En Caliente ( MAC )	N° De Registro 001	
MATERIAL	Para Asfalto Procedente De La Cantera Satipo	Ing. Resp. M.Q.S. Tec. Resp. J.L.M.M. Bachiller G. Reyes Tacza	

% DEL DISEÑO	% DE GRAVA	% DE ARENA CHANCADA	% DE ARENA ZARANDEADA	OBSERVACIONES	
	26%	42%	32%		
MUESTRA		1	2	3	PROMEDIO
TIPO DE ASFALTO ( GRADO DE PENETRACION )		PEN 60/70	PEN 60/70		
NUMERO DE PARTICULAS		242	249		
NUMERO DE PARTICULAS DESPRENDIDAS		5	5		
NUMERO DE PARTICULAS CUBIERTAS DESPUES DEL ENSAYO		237	244		
PORCENTAJE DE ADHERENCIA		97.9	98.0		98.0
			Especificación		+95

OBSERVACIONES:

CON ADICTIVO RICOT Z 0.5%

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*José Luis Manrique Matos*  
 TEG. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Ing. Marco Polo Quispe Suica*  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE LOTTMAN

(MEZCLAS ASFALTICAS)

EFEECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFÁLTICAS  
ASTM D-4867 AASHTO T-283 LOTTMAN MODIFICADO

PROYECTO REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA  
TRAMO MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA

ESTRUCTURA Mezcla De Concreto Asfáltico En Caliente ( MAC ) N° De Registro 001

MATERIAL Para Asfalto Procedente De La Cantera Satipo Ing. Resp. M.Q.S.

PTO. MUESTREO Acopio (Producción) Tec. Resp. J.I.M.M.

Bachiller G. Reyes. T.

**Ensayo Lottman Sin Aditivo Mejorador De Adherencia**

% De Los Agregados y Contenido De Cemento Asfáltico De Diseño MAC	Optimo De Cemento Asfáltico	Grava Chancada	Arena Chancada	Arena Zarandeada			
	5.80%	26.00%	42.00%	32.00%			
N° Probetas		04	05	06	01	02	03
N° golpes por cara:	13	Grupo Saturado			Grupo Seco		
A Diametro	cm	10.12	10.14	10.16	10.16	10.16	10.15
B Espesor	cm	6.33	6.35	6.33	6.35	6.35	6.37
C Peso Probeta al Aire	gr	1131.2	1139.4	1133.9	1133.6	1137.0	1141.9
D Peso de la Probeta Saturada	gr	1134.7	1141.9	1137.4	1136.7	1140.5	1144.9
E Peso de la Probeta en el Agua	gr	639.9	644.5	641.4	640.1	642.3	644.8
F Volumen de la Probeta (D-E)	cc	494.8	497.4	496.0	496.6	498.2	500.1
G Peso Especifico Bulk de la Probeta (C-F)	gr/cc	2.286	2.291	2.286	2.283	2.282	2.283
H Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc	2.474	2.474	2.474	2.474	2.474	2.474
I % Vacios $100*((H-G)/H)$	%	7.59	7.41	7.60	7.73	7.75	7.71
J Volumen de Vacios $(F*I)/100$	cc	37.56	36.85	37.67	38.39	38.62	38.54

**MUESTRA SATURADA EN VACIO 19 A 28° Hg. de 5 a 15min. Agua destilada 60°C**

K Peso de la Probeta Saturada	gr	1154.7	1162.5	1161.0	NO SE EJECUTA		
L Peso de la Probeta en el Agua	gr	652.7	661.7	659.9			
M Volumen de la Probeta (K-L)	cc	502.0	500.8	501.1			
N Volumen de Agua de Absorción (K-C)	cc	23.5	23.1	27.1			
O Saturación $(100*N)/J$	%	62.6	62.7	71.9			
P Hinchamiento $100*((M-F)/F)$	%	1.46	0.68	1.03			

**CONDICION DE SATURACION A 24Hrs. Baño Maria 60°C**

Q Espesor	cm	6.33	6.35	6.33			
R Peso de la Probeta Saturada	gr	1152.2	1163.5	1162.0			
S Peso de la Probeta en el Agua	gr	622.0	661.0	659.0			
T Volumen de la Probeta (R-S)	cc	530.2	502.5	503.0			
U Volumen de Agua de Absorción (R-C)	cc	21.0	24.1	28.1			
V Saturación $(100*U)/J$	%	55.9	65.4	74.6	65.3		
W Hinchamiento $100*((T-F)/F)$	%	7.15	1.03	1.41			
X Carga de Tracción Indirecta	kg	480	500	465	711	723	690
Y Resistencia Seca $(X)/(A*B*\pi)$	kg/cm <sup>2</sup>				3.5	3.6	3.4
Z Resistencia Humedad $(X)/(A*Q*\pi)$	kg/cm <sup>2</sup>	2.4	2.5	2.3	2.4		
Resistencia Retenida							
Daños en la Mezcla							
TSR	%				68.4		

Observaciones Sin Aditivo Mejorador de Adherencia



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### COMPACTACION VARIABLE

PROYECTO	REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	
TRAMO	MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	
ESTRUCTURA	Mezcla De Concreto Asfáltico En Caliente ( MAC )	N° De Registro 001
MATERIAL	Para Asfalto Procedente De La Cantera Satipo	Ing. Resp. M.Q.S.
PTO. MUESTREO	Acoplo (Producción)	Tec. Resp. J.L.M.M. Bachiller G. Reyes. T.

% De Los Agregados y Contenido De Cemento Asfáltico De Diseño MAC	Óptimo De Cemento Asfáltico	Grava Chancada	Arena Zarandeada	Arena Zarandeada
	5.80%	26.00%	42.00%	32.00%

N° Probetas			01	02	03	Promedio
% cemento asfáltico: 5.8%						
N° golpes por cara: 10						
A	Espesor	cm				
B	Peso Probeta al Aire	gr	1132.4	1132.5	1131.4	
C	Peso de la Probeta Saturada	gr	1138.5	1139.1	1134.2	
D	Peso de la Probeta en el Agua	gr	637.6	638.7	635.7	
E	Volumen de la Probeta (B-C)	cc	500.9	500.4	498.5	
F	Peso Específico Bulk de la Probeta (B/D)	gr/cc	2.261	2.263	2.270	
G	Peso Específico Máximo (RICE)	gr/cc	2.474	2.474	2.474	
H	% Vacíos	100*((F-E)/F)	8.6	8.5	8.3	8.5

N° Probetas			01	02	03	Promedio
% cemento asfáltico: 5.8%						
N° golpes por cara: 15						
A	Espesor	cm				
B	Peso Probeta al Aire	gr	1141.5	1131.5	1130.7	
C	Peso de la Probeta Saturada	gr	1143.1	1134.6	1133.5	
D	Peso de la Probeta en el Agua	gr	651.2	643.9	647.0	
E	Volumen de la Probeta (B-C)	cc	491.9	490.7	486.5	
F	Peso Específico Bulk de la Probeta (B/D)	gr/cc	2.321	2.306	2.324	
G	Peso Específico Máximo (RICE)	gr/cc	2.474	2.474	2.474	
H	% Vacíos	100*((F-E)/F)	6.2	6.8	6.0	6.3

N° Probetas			01	02	03	Promedio
% cemento asfáltico: 5.8%						
N° golpes por cara: 20						
A	Espesor	cm				
B	Peso Probeta al Aire	gr	1139.2	1138.2	1138.5	
C	Peso de la Probeta Saturada	gr	1140.6	1140.0	1140.1	
D	Peso de la Probeta en el Agua	gr	651.4	649.9	651.2	
E	Volumen de la Probeta (B-C)	cc	489.2	490.1	488.9	
F	Peso Específico Bulk de la Probeta (B/D)	gr/cc	2.329	2.322	2.329	
G	Peso Específico Máximo (RICE)	gr/cc	2.474	2.474	2.474	
H	% Vacíos	100*((F-E)/F)	5.9	6.1	5.9	5.9

N° Probetas			01	02	03	Promedio
% cemento asfáltico: 5.8%						
N° golpes por cara: 25						
A	Espesor	cm				
B	Peso Probeta al Aire	gr	1142.8	1131.2	1130.9	
C	Peso de la Probeta Saturada	gr	1143.8	1132.4	1132.2	
D	Peso de la Probeta en el Agua	gr	655.1	648.9	648.0	
E	Volumen de la Probeta (B-C)	cc	488.7	483.5	484.2	
F	Peso Específico Bulk de la Probeta (B/D)	gr/cc	2.338	2.340	2.336	
G	Peso Específico Máximo (RICE)	gr/cc	2.474	2.474	2.474	
H	% Vacíos	100*((F-E)/F)	5.5	5.4	5.6	5.5

observaciones:

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*José Luis Maurique Matos*  
TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Ing. Marco Polo Quispe Sinca*  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

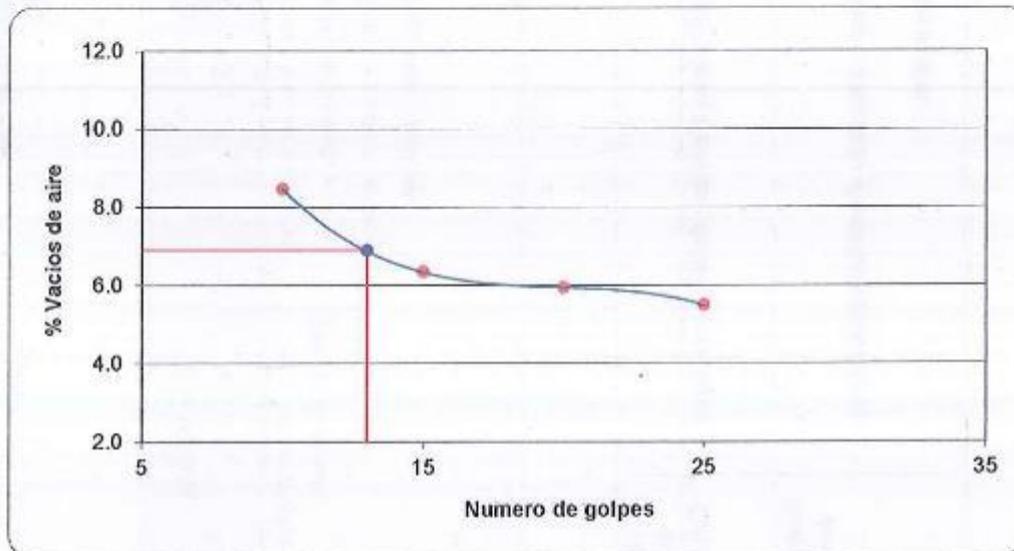
**GRAFICO DE COMPACTACION VARIABLE**

PROYECTO	REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA		
TRAMO	MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA		
ESTRUCTURA	Mezcla De Concreto Asfaltico En Caliente ( MAC)	N° De Registro 001	
MATERIAL	Para Asfalto Procedente De La Cantera Satipo	Ing. Resp. M.Q.S.	
PTO. MUESTREO	Acopio (Producción)	Tec. Resp. J.L.M.M.	
		Bachiller G. Reyes. T.	

% De Los Agregados y Contnido De Cemento Asfaltico De Diseño MAC	Optimo De Cemento Asfaltico	Grava Chancada	Arena Zarandeada	Arena Zarandeada
	5.80%	26.00%	42.00%	32.00%

Nº golpes	% vacios
25	5.5
20	5.9
15	6.3
10	8.5

Nº golpes	% vacios
13	6.90



observaciones:

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*José Luis Manrique Matos*  
 José Luis Manrique Matos  
 TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Ing. Marco Polo Quispe Sinca*  
 Ing. Marco Polo Quispe Sinca  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

EFFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFÁLTICAS  
ASTM D-4867 AASHTO T-283 LOTTMAN MODIFICADO

PROYECTO REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA

TRAMO MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA

ESTRUCTURA Mezcla De Concreto Asfáltico En Caliente ( MAC )

N° De Registro 001

MATERIAL Para Asfalto Procedente De La Cantera Satipo

Ing. Resp. M.Q.S.

PTO. MUESTREO Acopio (Producción)

Tec. Resp. J.L.M.M.

Bachiller G. Reyes. T.

Ensayo Lottman Con Aditivo Mejorador De Adherencia

% De Los Agregados y Contenido De Cemento Asfáltico De Diseño MAC	Óptimo De Cemento Asfáltico	Grava Chancada	Arena Chancada	Arena Zarandeada			
	5.80%	26.00%	42.00%	32.00%			
Nº Probetas		04	05	06	01	02	03
Nº golpes por cara:	13	Grupo Saturado			Grupo Seco		
A Diametro	cm	10.21	10.18	10.15	10.21	10.16	10.16
B Espesor	cm	6.17	6.29	6.28	6.17	6.27	6.21
C Peso Probeta al Aire	gr	1129.7	1133.0	1132.8	1122.9	1133.7	1129.6
D Peso de la Probeta Saturada	gr	1136.4	1137.2	1136.8	1126.6	1138.1	1133.9
E Peso de la Probeta en el Agua	gr	642.7	641.4	641.0	635.2	642.2	644.3
F Volumen de la Probeta (D-E)	cc	493.7	495.8	495.8	491.4	495.9	489.6
G Peso Específico Bulk de la Probeta (C-F)	gr/cc	2.288	2.285	2.285	2.285	2.286	2.307
H Peso Específico Máximo (RICE)	gr/cc	2.467	2.467	2.467	2.467	2.467	2.467
I % Vacíos $100*((H-G)/H)$	%	7.25	7.37	7.39	7.37	7.33	6.48
J Volumen de Vacíos $(F*I)/100$	cc	35.78	36.54	36.62	36.23	36.35	31.72

MUESTRA SATURADA EN VACIO 19 A 28" Hg. de 5 a 15min. Agua destilada 60°C

K Peso de la Probeta Saturada	gr	1150.5	1159.5	1155.9	NO SE EJECUTA		
L Peso de la Probeta en el Agua	gr	655.0	663.0	658.0			
M Volumen de la Probeta (K-L)	cc	495.5	496.5	497.9			
N Volumen de Agua de Absorción (K-C)	cc	20.8	26.5	23.1			
O Saturación $(100*N)/J$	%	58.1	72.5	63.1			
P Hinchamiento $100*((M-F)/F)$	%	0.36	0.14	0.42			

CONDICION DE SATURACION A 24Hrs. Baño María 60°C

Q Espesor	cm	6.17	6.27	6.21				
R Peso de la Probeta Saturada	gr	1152.2	1161.6	1151.5				
S Peso de la Probeta en el Agua	gr	658.0	663.9	655.0				
T Volumen de la Probeta (R-S)	cc	494.2	497.7	496.5				
U Volumen de Agua de Absorción (R-C)	cc	22.5	28.6	18.7				
V Saturación $(100*U)/J$	%	62.9	78.3	51.1	64.1			
W Hinchamiento $100*((T-F)/F)$	%	0.10	0.38	0.14				
X Carga de Tracción Indirecta	kg	708	860	854	826	984	950	
Y Resistencia Seca $(X)/(A*B^n)$	kg/cm <sup>2</sup>				4.2	4.9	4.8	4.6
Z Resistencia Humedad $(X)/(A*Q^n)$	kg/cm <sup>2</sup>	3.6	4.3	4.3	4.1			
Resistencia Retenida								
Daños en la Mezcla								
TSR	%							87.7

Observaciones Con Aditivo Mejorador de Adherencia RICOT- Z 0.5%

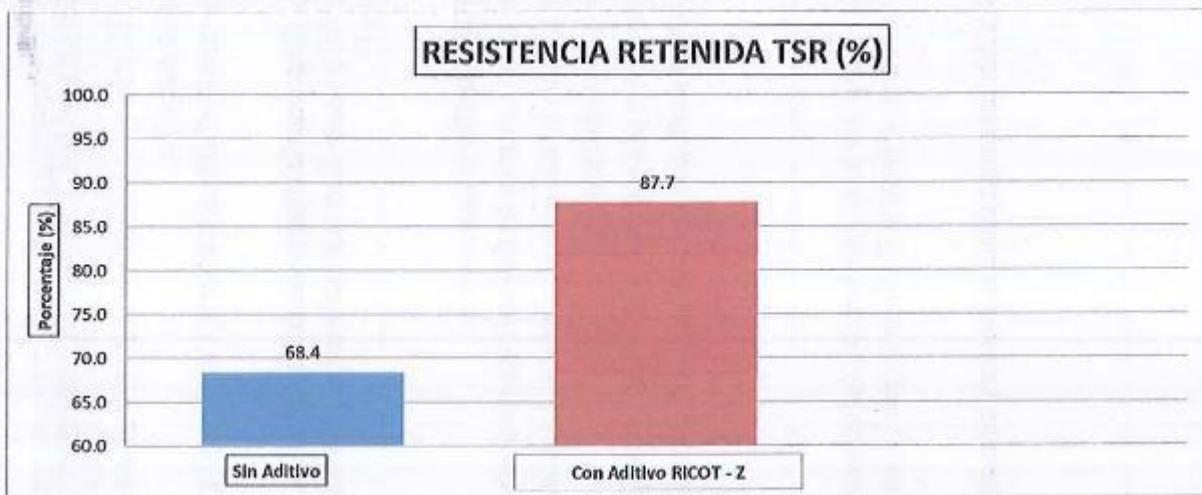


**LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO**  
 TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

**Grafico De Ensayo Lotman**

PROYECTO	REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA		
TRAMO	MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA		
ESTRUCTURA	Mezcla De Concreto Asfáltico En Caliente ( MAC )	Registro	001
MATERIAL	Para Asfalto Procedente De La Cantera Satipo	Ing. Resp.	M.Q.S.
		Tec. Resp.	J.L.M.M.
		Bachiller	G. Reyes. T.

Descripción	RESISTENCIA RETENIDA TSR (%)		
Sin Aditivo Mejorador de Adherencia	68.4	%	
Con Aditivo Mejorador de Adherencia Quimibond 3000 dosis 0.5%	87.7	%	
		%	



observaciones:

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*José Luis*  
 José Luis Henrique Matos  
 TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Ing. Marco Polo*  
 Ing. Marco Polo Quispe Sinca  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE INMERSION –  
COMPRESION (MEZCLAS ASFALTICAS)

## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### ENSAYO DE INMERSION - COMPRESION (Mezclas Asfálticas) MTC E-518 - ASTM D 1075 - AASTHO T 165

PROYECTO	REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	N° De Registro 001
TRAMO	MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	
ESTRUCTURA	Mezcla De Concreto Asfáltico En Caliente ( MAC )	
CANTERA	SATIPO	Ing. Resp. M.Q.S.
PROGRESIVA	ACC. PTE. CASHINGARI	Tec. Resp. J.L.M.M.
		Bachiller G. Reyes T.

		GRUPO SECO				
	Número de Probetas	N°	1	2	3	Promedio
1	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.80	5.80	5.80	
2	Diametro	cm.	10.12	10.11	10.13	
3	Espesor	cm.	10.09	10.09	10.08	
4	Peso de la Muestra Seca al Aire	gr.	1720.7	1710.5	1755.1	
5	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1727.3	1718.8	1762.8	
6	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	963.6	957.9	982.0	
7	Volumen de la Probeta (5-6)	cc.	763.7	760.9	780.8	
8	Peso Especifico de la Probeta (4/7)	gr/cc.	2.253	2.248	2.248	2.250
9	Lectura del anillo de Carga kg	gr/cc.	2163.0	2195.0	2133.0	
10	Corrección de Anillo de Carga					
11	Fuerza (9*10)	kg.	2163	2195	2133	
12	Area	cm <sup>2</sup>	80.44	80.28	80.60	
13	Resistencia a la Compresión (11/12)	kg/cm <sup>2</sup>	26.9	27.3	26.5	
	Resistencia a la Compresión	Mpa	2.6	2.7	2.6	2.637
Especificación Min. 2.1 Mpa						Cumple

Observaciones: Pesos Unitarios calculados a 25°C  
Bruquetas expuestas al aire a 25°C durante 24 horas, luego sumergidas en agua por dos horas a 25°C  
Rotura : Prensa de concreto

Resistencia Promedio Grupo 1 : 2.6 Mpa

		GRUPO SATURADO				
	Número de Probetas	N°	4	5	6	Promedio
1	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.80	5.80	5.80	
2	Diametro	cm.	10.10	10.10	10.11	
3	Espesor	cm.	10.14	10.12	10.14	
4	Peso de la Muestra Seca al Aire	gr.	1715.2	1696.8	1674.5	
5	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1717.9	1699.7	1677.9	
6	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	957.5	948.5	935.4	
7	Volumen de la Probeta (5-6)	cc.	760.4	751.2	742.5	
8	Peso Especifico de la Probeta (4/7)	gr/cc.	2.256	2.259	2.255	2.257
9	Lectura del Anillo de Carga kg	gr/cc.	18363.0	1766.0	1895.0	
10	Corrección de Anillo de Carga					
11	Fuerza (9*10)	kg.	1836	1766	1895	
12	Area	cm <sup>2</sup>	80.12	80.12	80.28	
13	Resistencia a la Compresión (11/12)	kg/cm <sup>2</sup>	22.9	22.0	23.6	
	Resistencia a la Compresión	Mpa	2.2	2.2	2.3	2.2
Especificación Min. 2.1 Mpa						Cumple
	Resistencia Retenedia %		85.0		Min 70%	Cumple

Observaciones: Pesos Unitarios calculados a 25°C  
Bruquetas expuestas a inmersión durante 24 horas a 60°C, luego sumergidas en agua por dos horas a 25°C  
prensa de concreto

Resistencia Promedio Grupo 2 : 2.2 Mpa

## RESUMEN

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

**PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS**

PROYECTO	REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	Ing. Resp.	M.Q.S.
TRAMO	MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	Tec. Resp.	J.L.M.M.
MATERIAL	Para Concreto Asfáltico En Caliente ( Combinación Física )	Bachiller	G. Reyes T.
CANTERA	Satipo		

**CUADRO RESUMEN**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ESPECIFICACIÓN		VALORES DE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE					Observaciones
		MIN	MAX	Teórico Grafica	Verificación Diseño 20/03/2018	Verificación Diseño 20/03/18	Verificación Diseño 20/3/18	Promedio	
Piedra Chancada	%			26.0	26.0	26.0	26.0	26.0	
Arena Chancada	%			42.00	42.00	42.00	42.00	42.00	
Arena Zarandeada	%			32.0	32.0	32.0	32.0	32.0	
Cemento Asfáltico	%			5.80	5.80	5.80	5.80	5.80	Pen 60-70
Peso Especifico Probeta	Kg/cm <sup>3</sup>	--	--	2.379	2.368	2.364	2.364	2.365	
Vacios	%	3.0	5.0	3.9	4.3	4.0	4.2	4.2	Cumple
V.M.A	%	14.0	--	17.2	17.5	17.7	17.7	17.6	Cumple
Flujo	mm	2.0	3.56	3.64	3.56	3.47	3.47	3.50	Cumple
Estabilidad	Kg.	815	--	1302	1292	1278	1304	1291	Cumple
Factor de rigidez	Kg/cm.	1700	4000	3605	3632	3688	3759	3693	Cumple
Indice De Compactibilidad	%	5.0	--	--	6.6	6.67	6.7	6.6	Cumple
Estabilidad Retenida	%	70.0	--	--	--	84.8	--	84.8	Cumple
Relación Polvo/C.Asfáltico	%	0.6	1.3	--	0.95	0.95	0.95	0.95	Cumple
Adherencia Grava	%	+95	--	--	--	98.0	--	98.0	Cumple
Lottman (Sin Aditivo)	%	70	--	--	--	--	68.4	68.4	No Cumple
Lottman Con Aditivo RICOT- Z 0.5% Inmersión y	%	70	--	--	--	--	87.70	--	Cumple
Compresión Estado Seco Inmersión y	Mpa	2.1	--	--	--	2.20	--	--	Cumple
Compresión Estado Humedo	Mpa	2.1	--	--	--	--	--	--	Cumple
Resistencia a La Compresión	%	70	--	--	--	--	--	--	Cumple

PRODUCCIÓN DE ASFALTO POR

CARRIL



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 204 / ASTM C 136 / AASTHO T 27 )

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA

TRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA

CANTERA : SATIPO

ING RESP : M.Q.S.

PROGRESIVA: : ACC. PTE. CASHINGARI

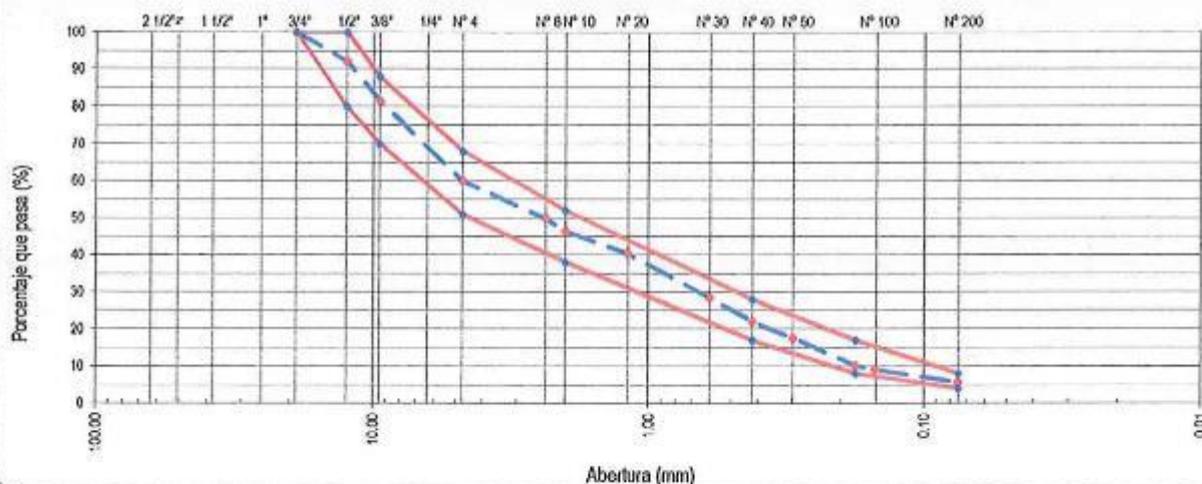
TEC RESP : J.L.M.M.

MUESTREO : EN FAJA

BACHILLER : G. Reyes T.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% PASA	ESPECIFICACIONES MAC-2			CARACT. FÍSICAS - MECÁNICAS	
						MIN	MAX			
3"	76.200									
2 1/2"	63.500									HORA MUESTREO : 07.30.00 a.m.
2"	50.800									
1 1/2"	38.100									
1"	25.400									
3/4"	19.050				100.0	100	--	100		
1/2"	12.500	1944.0	7.8	7.8	92.2	80	--	100		
3/8"	9.500	2622.0	10.6	18.4	81.6	70	--	88		
1/4"	6.350									
Nº 4	4.750	5356.0	21.6	40.0	60.0	51	--	68		
Nº 8	2.360	159.2	10.1	50.2	49.9					
Nº 10	2.000	53.0	3.4	53.5	46.5	38	--	52		
Nº 16	1.190	95.5	6.1	59.6	40.4					
Nº 20	0.840									
Nº 30	0.600	187.6	12.0	71.6	28.4					
Nº 40	0.420	99.8	6.4	77.9	22.1	17		28		
Nº 50	0.300	69.4	4.4	82.4	17.7					
Nº 80	0.177	117.6	7.5	89.8	10.2	8		17		
Nº 100	0.150	17.1	1.1	90.9	9.1					
Nº 200	0.075	52.7	3.4	94.3	5.7	4	--	8		
< Nº 200		89.6	5.7	100.0						
										OBSERVACIONES
										GRAVA CHANCADA : 40.0 %
										% DE FINO : 60.0 %
										TOTAL : 100.0
										PESOS INICIALES
										PESO TOTAL : 24,797
										PESO FRACCION : 941.5

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*José Luis Maurino*  
TEC. SUP.

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Ing. Marco Polo Quispe Sinca*  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### ENSAYO GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 204 / ASTM C 136 / AASTHO T 27 )

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGO - CUBANTIA

TRAMO : MAZAMARI - PANGO - CUBANTIA

CANTERA : SATIPO

ING RESP : M.Q.S.

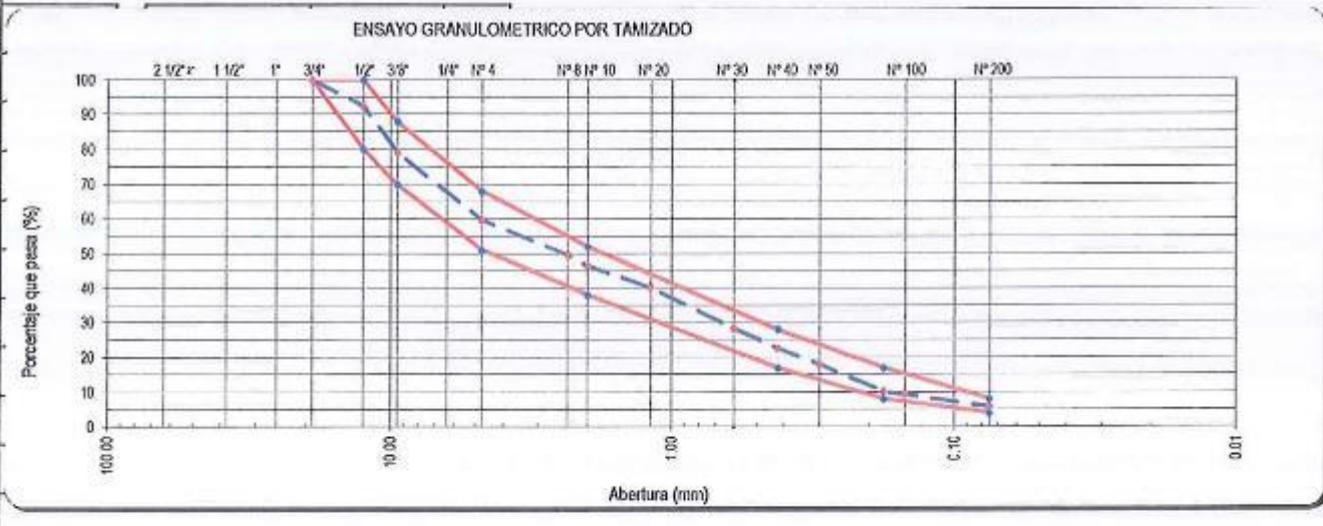
PROGRESIVA : ACC. PTE. CASHINGARI

TEC RESP : J.L.M.M.

MUESTREO : LAVADO ASFALTICO ( PLANTA )

BACHILLER : G. Reyes T.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% PASA	ESPECIFICACIONES MAC-2			CARACT. FÍSICAS - MECÁNICAS	
						MIN	MAX			
3"	76.200									
2 1/2"	63.600								PESO FILTRO	: 21.3 gr
2"	50.800								PESO FILTRO	: 23.5 gr
1 1/2"	38.100								DIFERENCIA	: 2.2 gr
1"	25.400								PESO MUESTRA	: 507.0 gr
3/4"	19.050				100.0	100	--	100	PESO MAT. LAVADO	: 475.5 gr
1/2"	12.500	36.4	7.6	7.6	92.4	80	--	100	P. MAT. LAVADO + FILTRO	: 477.7 gr
3/8"	9.500	62.9	13.2	20.8	79.2	70	--	88	DIFERENCIA	: 29.3 gr
1/4"	6.350								% C. ASFALTICO	: 5.78 %
Nº 4	4.750	93.3	19.5	40.3	59.7	51	--	68	HORA DE ENSAYO	: 09:45.00 a.m.
Nº 8	2.360	47.5	9.9	50.3	49.7				OBSERVACIONES	
Nº 10	2.000	16.0	3.4	53.6	46.4	38	--	52	GRAVA	: 40.3 %
Nº 16	1.190	29.6	6.2	59.8	40.2				FINO	: 59.7 %
Nº 20	0.840									: 100.0 %
Nº 30	0.600	56.7	11.9	71.7	28.3					
Nº 40	0.420	27.7	5.8	77.5	22.5	17	--	28		
Nº 50	0.300	21.5	4.5	82.0	18.0					
Nº 80	0.177	37.4	7.8	89.8	10.2	8	--	17	RELAC. POLV./ASFALT.	= 1.00
Nº 100	0.150	3.7	0.8	90.6	9.4				PESOS INICIALES	
Nº 200	0.075	17.3	3.6	94.2	5.8	4	--	8	PESO TOTAL	: 477.7
< Nº 200		27.7	5.8	100.0						



CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*José Luis Enrique Matos*  
TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Ing. Marco Polo Quispe Sinca*  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### ENSAYO MARSHALL MTC E-504 ASTM D-1559

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	
TRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	ING RESP: M.Q.S.
MATERIAL : Para Concreto Asfáltico en Caliente (Combinación Física)	TEC RESP: J.L.M.M.
CANTERA : SATIPO	BACHILLER G. Reyes T.
PROGRESIVA : ACC. PTE. CASHINGARI	

#### MARSHALL OPTIMO 5.8 %

Tamices ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200
% Pasa Material	100	92.4	79.2	59.7	46.4	22.5	10.2	5.8
Especificaciones	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

N°	BRQUETAS	N°	1	2	3		PROM	ESP.TEC.
1	C. ASFALTICO EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.8	5.8	5.8		5.8	
2	AGR. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	37.99	37.99	37.99			
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	55.36	55.36	55.36			
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00			
5	P. ESP. DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.023	1.023	1.023			
6	P. ESP. BULK DEL AGREGADO GRUESO		2.680	2.680	2.680			
7	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO GRUESO		2.749	2.749	2.749			
8	P. ESP. BULK DEL AGREGADO FINO		2.702	2.702	2.702			
9	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO FINO		2.735	2.735	2.735			
10	PESO ESPECIFICO DEL FILLER APARENTE		0.000	0.000	0.000		0.000	
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm						
12	PESO DE LA BRQUETA AL AIRE	gr	1238.1	1238.0	1236.1			
13	PESO DE LA BRQUETA SATURADA	gr	1238.9	1238.6	1237.2			
14	PESO DE LA BRQUETA EN AGUA	gr	720.0	717.6	714.2			
15	VOLUMEN DE LA BRQUETA	cc	518.9	521.0	523.0			
16	P. ESP. BULK DE LA BRQUETA		2.385	2.376	2.363		2.375	
17	P. ESP. MAXIMO ASTM D 2041		2.477	2.477	2.477			
18	MAXIMA DENSIDAD TEORICA		2.518	2.518	2.518			
19	VACIOS	%	3.68	4.07	4.59		4.1	3 - 5
20	P. ESP. BULK DEL AGREGADO TOTAL		2.693	2.693	2.693			
21	V.M.A.	%	17.3	17.6	18.1		17.7	Mín. 14
22	VACIOS LLENOS CON C. ASFALTICO	%	76.7	76.9	74.6		76.7	
23	PESO ESP. APARENTE DEL AGREGADO TOTAL		2.766	2.766	2.766			
24	P. ESP. EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL		2.714	2.714	2.714			
25	C. ASF. ABSORBIDO POR EL AGR. TOTAL	%	0.29	0.29	0.29			
26	CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO	%	5.51	5.51	5.51			
27	FLUJO	mm	3.556	3.556	3.556		3.556	2.03 - 3.56
28	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1325	1308	1383			
29	FACTOR DE ESTABILIDAD		1.00	1.00	0.96			
30	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1325	1308	1328		1320	Mín. 815
31	FACTOR DE RIGIDEZ	kg/cm	3726	3678	3734		3713	1700 - 4000
	RELACION/POLVO CEMENTO ASFALTICO		0.95					

OBSERVACIONES:	DOSIFICACION:	
	% DISEÑO	% MEZCLA
Grava triturada 3/4"	26.0 %	40.3 %
Areña triturada 3/8"	42.00 %	59.7 %
Areña Zarandeada 3/8"	32.0 %	

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

José Luis Henrique Matos  
 TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

Ing. Marco Polo Quispe Sinca  
 INGENIERO EN SUELOS Y PAVIMENTOS



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

#### AASHTO T 245 / ASTM D 1559

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA  
TRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA  
DESCRIPCION : ENSAYO RICE  
ING RESP: M.Q.S.  
PROGRESIVA : ACC. PTE. CASHINGARI  
TEC RESP: J.L.M.M.  
CANTERA : SATIPO  
BACHILLER G. Reyes T.

#### COMPONENTES:

##### BITUMEN

Contenido Óptimo Cemento Asfáltico PEN 60/70 (En Peso de la Mezcla Asfáltica Total)

Aditivo Mejorador de Adherencia QUIMIBOND 3000 0.5% ( En Peso del Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico)

RICE= 5.78

IDENTIFICACION DE MUESTRA		Und	01
1.-	Peso del Material	gr.	1233.6
2.-	Peso Agua + Frasco	gr.	10261.0
3.-	Peso Agua + Frasco + Material (1+2)	gr.	11494.6
4.-	Peso Agua + Frasco + Material (Ensayo)	gr.	10996.6
5.-	Volumen (3-4)	gr.	498.0
Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>		gr./cm <sup>3</sup>	2.477

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*José Luis Manrique Matos*  
TEC. LABORATORIO

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Ing. Marco Polo Quispe Sinca*  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 204 / ASTM C 136 / AASTHO T 27 )

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA

TRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA

CANTERA : SATIPO

ING RESP : M.Q.S.

PROGRESIVA : ACC. PTE. CASHINGARI

TEC RESP : J.L.M.M.

MUESTREO : LAVADO ( PLANTA )

BACHILLER : G. Reyes T.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% PASA	ESPECIFICACIONES MAC-2			CARACT. FÍSICAS - MECÁNICAS	
						MIN	--	MAX		
3"	76.200									
2 1/2"	63.500								PESO FILTRO	: 21.4 gr
2"	50.800								PESO FILTRO	: 23.0 gr
1 1/2"	38.100								DIFERENCIA	: 1.6 gr
1"	25.400								PESO MUESTRA	: 302.3 gr
3/4"	19.050				100.0	100	--	100	PESO MAT. LAVADO	: 283.2 gr
1/2"	12.500	24.2	8.5	8.5	91.5	80	--	100	P. MAT. LAVADO + FILTRO	: 284.8 gr
3/8"	9.500	39.8	14.0	22.5	77.5	70	--	88	DIFERENCIA	: 17.5 gr
1/4"	6.350								% C. ASFÁLTICO	: 5.79 %
Nº 4	4.750	49.5	17.4	39.9	60.2	51	--	68	HORA DE ENSAYO	: 02:20:00 p.m.
Nº 8	2.360	27.6	9.7	49.5	50.5				OBSERVACIONES	
Nº 10	2.000	9.9	3.5	53.0	47.0	38	--	52	GRAVA	: 39.9 %
Nº 16	1.190	17.9	6.3	59.3	40.7				FINO	: 60.2 %
Nº 20	0.840									: 100.0 %
Nº 30	0.600	34.0	11.9	71.3	28.8					
Nº 40	0.420	18.4	6.5	77.7	22.3	17	--	28		
Nº 50	0.300	13.8	4.9	82.6	17.4				RELAC. POLV./ASFALT.	= 0.92
Nº 80	0.177	21.1	7.4	90.0	10.0	8	--	17	PESOS INICIALES	
Nº 100	0.150	5.1	1.8	91.8	8.2				PESO TOTAL	: 284.8
Nº 200	0.075	8.3	2.9	94.7	5.3	4	--	8		
< Nº 200		15.2	5.3	100.0						



CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA  
  
 José Luis Manrique Matos  
 TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA  
  
 María Inés Quispe Sinca  
 LIC. ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	ING RESP: M.Q.S.
TRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	TEC RESP: J.L.M.M.
MATERIAL : Para Concreto Asfáltico en Caliente (Combinación Física)	BACHILLER G. Reyes T.
CANTERA : SATIPO	
PROGRESIVA : ACC. PTE. CASHINGARI	

### MARSHALL OPTIMO 5.8 %

Tamices ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200
% Pasa Material	100	91.5	77.5	60.2	47.0	22.3	10.0	5.3
Especificaciones	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

N°	BRICUETAS	N°	1	2	3			PROM	ESP.TEC.
1	C. ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.8	5.8	5.8			5.8	
2	AGR. GRIOSO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	37.54	37.54	37.54				
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	55.80	55.80	55.80				
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00				
5	P. ESP. DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.023	1.023	1.023				
6	P. ESP. BULK DEL AGREGADO GRIOSO		2.680	2.680	2.680				
7	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO GRIOSO		2.749	2.749	2.749				
8	P. ESP. BULK DEL AGREGADO FINO		2.702	2.702	2.702				
9	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO FINO		2.735	2.735	2.735				
10	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER APARENTE		0.000	0.000	0.000			0.000	
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm							
12	PESO DE LA BRICUETA AL AIRE	gr	1237.4	1239.3	1235.3				
13	PESO DE LA BRICUETA SATURADA	gr	1239.4	1240.9	1236.9				
14	PESO DE LA BRICUETA EN AGUA	gr	717.7	717.6	715.0				
15	VOLUMEN DE LA BRICUETA	(13-14)	cc	521.7	523.3	521.9			
16	P. ESP. BULK DE LA BRICUETA	(12/15)		2.372	2.368	2.367		2.369	
17	P. ESP. MÁXIMO ASTM D-2041			2.470	2.470	2.470			
18	MÁXIMA DENSIDAD TEÓRICA			2.518	2.518	2.518			
19	VACIOS	(17-16)*100/17	%	3.98	4.12	4.17		4.1	3 - 5
20	P. ESP. BULK DEL AGREGADO TOTAL	(2+3+4)/(12/15)+(3/10)+(4/100)		2.693	2.693	2.693			
21	V.M.A.	100 (2+3+4)/(16/20)	%	17.8	17.9	18.0		17.9	Mín. 14
22	VACIOS LLENOS CON C. ASFÁLTICO	100*(21-19)/21	%	77.7	77.0	76.8		77.1	
23	PESO ESP. APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	(100-1)/(2/7)+(3/5)		2.766	2.766	2.766			
24	P. ESP. EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	(100-1)/(100/17)-(1/5)		2.705	2.705	2.705			
25	C. ASF. ABSORBIDO POR EL AGR. TOTM	(100*(5*(24-20)/(24*20)	%	0.17	0.17	0.17			
26	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO	1-(25*(2+3+4)/100)	%	5.63	5.63	5.63			
27	FLUJO		mm	3.556	3.556	3.556		3.556	2.03 - 3.56
28	ESTABILIDAD SIN CORRIGIR		kg	1310	1360	1299			
29	FACTOR DE ESTABILIDAD			1.00	0.96	1.00			
30	ESTABILIDAD CORREGIDA		kg	1310	1306	1299		1305	Mín. 815
31	FACTOR DE RIGIDEZ		kg/cm	3684	3672	3653		3669	1700 - 4000
	RELACIÓN/POLVO CEMENTO ASFÁLTICO			0.95					

OBSERVACIONES	DOSIFICACION	% DISEÑO		% MEZCLA	
Grava filtrada 3/8"		26.0 %		39.9 %	
Arena filtrada 3/8"		42.00 %		60.2 %	
Arena Zarandada 3/8"		32.0 %			

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

**José Luis Manrique Matos**  
 TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

**Ing. Marco Polo Quispe Sinca**  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA

TRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA

DESCRIPCION : ENSAYO RICE

ING RESP: M.Q.S.

PROGRESIVA : ACC. PTE. CASHINGARI

TEC RESP: J.L.M.M.

CANTERA : SATIPO

BACHILLER G. Reyes T.

#### COMPONENTES:

##### BITUMEN

Contenido Óptimo Cemento Asfáltico PEN 60/70 (En Peso de la Mezcla Asfáltica Total)

Aditivo Mejorador de Adherencia QUIMIBOND 3000 0.5% (En Peso del Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico)

RICE= 6.78

IDENTIFICACION DE MUESTRA		Und	01
1.-	Peso del Material	gr.	1299.0
2.-	Peso Agua + Frasco	gr.	10261.0
3.-	Peso Agua + Frasco + Material (1+2)	gr.	11560.0
4.-	Peso Agua + Frasco + Material (Ensayo)	gr.	11034.1
5.-	Volumen (3-4)	gr.	525.9
Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>		gr./cm <sup>3</sup>	2.470

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

  
José Luis Manrique Matos  
TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

  
Ing. Marco Polo Quispe Sinca  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 204 / ASTM C 136 / AASTHO T 27 )

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA

TRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA

CANTERA : SATIPO

ING RESP : M.Q.S.

PROGRESIVA: ACC. PTE CASHINGARI

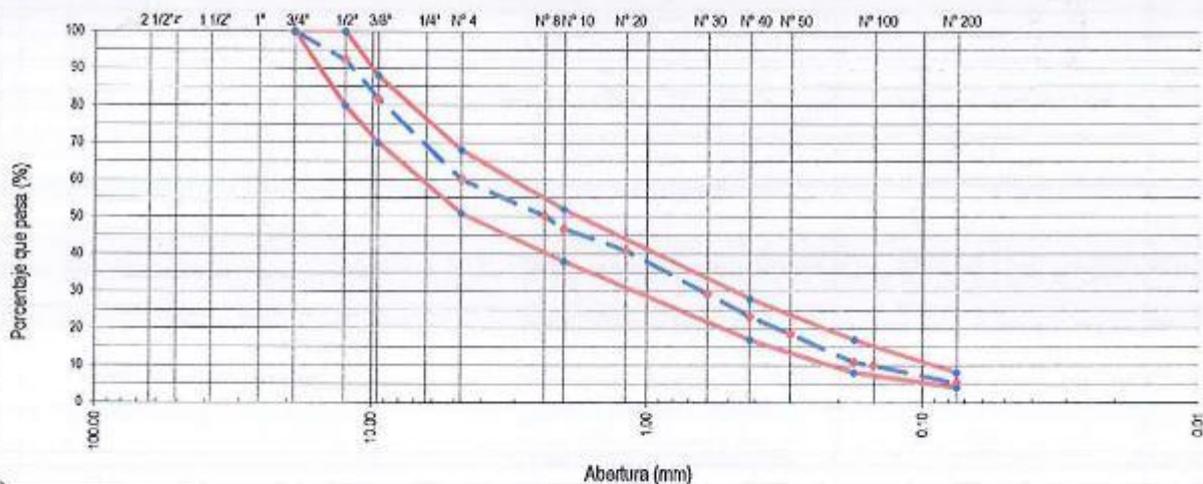
TEC RESP : J.L.M.M.

MUESTREO : EN FAJA

BACHILLER : G. Reyes T.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% PASA	ESPECIFICACIONES MAC-2			CARACT. FÍSICAS - MECÁNICAS
						MIN	MAX		
3"	76.200								HORA MUESTREO : 06:20:00 a.m.
2 1/2"	63.500								
2"	50.800								
1 1/2"	38.100								
1"	25.400								
3/4"	19.050				100.0	100	--	100	
1/2"	12.500	1835.0	7.7	7.7	92.3	80	--	100	
3/8"	9.500	2493.0	10.5	18.3	81.8	70	--	88	
1/4"	6.350								
Nº 4	4.750	5125.0	21.6	39.9	60.1	51	--	68	
Nº 8	2.360	183.6	9.9	49.7	50.3				
Nº 10	2.000	65.9	3.5	53.2	46.8	38	--	52	OBSERVACIONES
Nº 16	1.190	108.4	5.8	59.1	41.0				GRAVA CHANCADA : 39.9 %
Nº 20	0.840								% DE FINO : 60.1 %
Nº 30	0.600	215.7	11.6	70.6	29.4				TOTAL : 100.0
Nº 40	0.420	116.1	6.2	76.9	23.2	17		28	
Nº 50	0.300	85.8	4.6	81.5	18.6				
Nº 80	0.177	142.5	7.6	89.1	10.9	8		17	PESOS INICIALES
Nº 100	0.150	17.3	0.9	90.0	10.0				PESO TOTAL : 23,715
Nº 200	0.075	89.2	4.8	94.8	5.2	4	--	8	PESO FRACCION : 1121.5
< Nº 200		97.0	5.2	100.0					

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*José Luis Matos*

JOSÉ LUIS MATOS  
TEC. LABORATORIO

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Ing. Marco Polo Quispe Sinca*  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 204 / ASTM C 136 / AASTHO T 27 )

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA

TRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA

CANTERA : SATIPO

ING RESP : M.Q.S.

PROGRESIVA : ACC. PTE CASHINGARI

TEC RESP : J.L.M.M.

MUESTREO : LAVADO ASFÁLTICO ( PLANTA )

BACHILLER : G. Reyes T.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% PASA	ESPECIFICACIONES MAC-2			CARACT. FÍSICAS - MECÁNICAS	
						MIN	MAX			
3"	76.200									
2 1/2"	63.500								PESO FILTRO	21.3 gr
2"	50.800								PESO FILTRO	23.5 gr
1 1/2"	38.100								DIFERENCIA	2.2 gr
1"	25.400								PESO MUESTRA	475.4 gr
3/4"	19.050				100.0	100	--	100	PESO MAT. LAVADO	445.8 gr
1/2"	12.500	28.6	6.4	6.4	93.6	80	--	100	P. MAT. LAVADO + FILTRO	448.0 gr
3/8"	9.500	57.5	12.8	19.2	80.8	70	--	88	DIFERENCIA	27.4 gr
1/4"	6.350								% C. ASFÁLTICO	5.78 %
Nº 4	4.750	99.3	22.2	41.4	58.6	51	--	68	HORA DE ENSAYO	07:40.00 a.m.
Nº 8	2.360	45.2	10.1	51.5	48.5				OBSERVACIONES	
Nº 10	2.000	16.1	3.6	55.1	44.9	38	--	52	GRAVA	41.4 %
Nº 16	1.190	30.1	6.7	61.8	38.2				FINO	58.6 %
Nº 20	0.840									100.0 %
Nº 30	0.600	51.2	11.4	73.2	26.8					
Nº 40	0.420	25.1	5.6	78.8	21.2	17	--	28		
Nº 50	0.300	18.5	4.1	82.9	17.1				RELAC. POLV./ASFALT.	= 0.90
Nº 80	0.177	31.9	7.1	90.1	9.9	8	--	17	PESOS INICIALES	
Nº 100	0.150	5.1	1.1	91.2	8.8				PESO TOTAL	448.0
Nº 200	0.075	16.3	3.6	94.8	5.2	4	--	8		
< Nº 200		23.1	5.2	100.0						



CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*José Luis Marrero Matos*  
TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Ing. Marco Polo Quispe Sinca*  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

PROYECTO	REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	ING RESP: M.Q.S.
TRAMO	MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	TEC RESP: J.I.M.M.
MATERIAL	Para Concreto Asfáltico en Caliente (Combinación Física)	BACHILLER G. Reyes T.
CANTERA	SATIPO	
PROGRESIVA	ACC. PTE CASHINGARI	

#### MARSHALL OPTIMO 5.8 %

Tamices ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200
% Pasa Material	100	93.6	80.8	58.6	44.9	21.2	9.9	5.2
Especificaciones	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

N°	BRIQUETAS	N°	1	2	3		PROM	ESP. I.I.C.
1	C. ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.8	5.8	5.8		5.8	
2	AGR. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	38.00	38.00	38.00			
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	54.37	54.37	54.37			
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00			
5	P. ESP. DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.023	1.023	1.023			
6	P. ESP. BULK DEL AGREGADO GRUESO		2.680	2.680	2.680			
7	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO GRUESO		2.749	2.749	2.749			
8	P. ESP. BULK DEL AGREGADO FINO		2.702	2.702	2.702			
9	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO FINO		2.735	2.735	2.735			
10	PESO ESPECIFICO DEL FILLER APARENTE		0.000	0.000	0.000		0.000	
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm						
12	PESO DE LA BRQUETA AL AIRE	gr	1238.2	1239.9	1239.8			
13	PESO DE LA BRQUETA SATURADA	gr	1240.5	1242.0	1241.7			
14	PESO DE LA BRQUETA EN AGUA	gr	718.0	720.0	717.3			
15	VOLUMEN DE LA BRQUETA	(13-14)	cc	522.5	522.0	524.4		
16	P. ESP. BULK DE LA BRQUETA	(12/13)		2.370	2.375	2.364	2.370	
17	P. ESP. MAXIMO ASTM D-2041			2.477	2.477	2.477		
18	MAXIMA DENSIDAD TEORICA			2.519	2.519	2.519		
19	VACIOS	(17-18)*100/17	%	4.33	4.11	4.56	4.3	3 - 5
20	P. ESP. BULK DEL AGREGADO TOTAL	$(2+3+4)/(2/6)+(3/8)+(4/10)$		2.693	2.693	2.693		
21	V.M.A.	$100 - (2+3+4)/(16/20)$	%	17.8	17.6	18.0	17.8	Mín. 14
22	VACIOS LLENOS CON C. ASFÁLTICO	$100*(21-19)/21$	%	75.7	76.7	74.7	75.7	
23	PESO ESP. APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	$(100-1)/(17/7)+(13/9)$		2.766	2.766	2.766		
24	P. ESP. EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	$(100-1)/(100/17)-(1/5)$		2.713	2.713	2.713		
25	C. ASF. ABSORBIDO POR EL AGR. TOTAL	$(100*(24-20)/(24+20)$	%	0.28	0.28	0.28		
26	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO	$1 - (25*(2+3+4)/100)$	%	5.50	5.50	5.50		
27	FLUJO		mm	3.556	3.556	3.556	3.556	2.03 - 3.56
28	ESTABILIDAD SIN CORREGIR		kg	1338	1329	1349		
29	FACTOR DE ESTABILIDAD			1.00	1.00	0.96		
30	ESTABILIDAD CORREGIDA		kg	1338	1329	1295	1321	Mín. B15
31	FACTOR DE RIGIDEZ		kg/cm	3763	3737	3642	3714	1700 - 4000
	RELACIÓN/POLVO CEMENTO ASFÁLTICO			0.95				

OBSERVACIONES:	DOSIFICACION:	% DISEÑO	% MEZCLA
Grava triturada 3/4"		26.0 %	41.4 %
Arena triturada 3/8"		42.00 %	58.6 %
Arena Zarandeada 3/8"		32.0 %	

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

José Luis Manrique M. S. C.  
 TEC. LABORATORIAL

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

Ing. Marco Polo Quispe Sinca  
 ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

#### AASHTO T 245 / ASTM D 1559

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA

TRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA

DESCRIPCION : ENSAYO RICE

ING RESP: M.Q.S.

PROGRESIVA : ACC. PTE CASHINGARI

TEC RESP: J.L.M.M.

CANTERA : SATIPO

BACHILLER : G. Reyes T.

#### COMPONENTES:

##### BITUMEN

Contenido Óptimo Cemento Asfáltico PEN 60/70 (En Peso de la Mezcla Asfáltica Total)

Aditivo Mejorador de Adherencia QUIMBOND 3000 0.5% (En Peso del Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico)

RICE= 5.76

IDENTIFICACION DE MUESTRA		Und	01
1.-	Peso del Material	gr.	1270.0
2.-	Peso Agua + Frasco	gr.	10269.0
3.-	Peso Agua + Frasco + Material (1+2)	gr.	11529.0
4.-	Peso Agua + Frasco + Material (Ensayo)	gr.	11016.3
5.-	Volumen (3-4)	gr.	512.7
Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>		gr./cm <sup>3</sup>	2.477

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*José Luis Manrique Matos*  
TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Ing. Marco Polo Quispe Sinca*  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



# LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

## ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E 204 / ASTM C 136 / AASTHO T 27 )

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA

TRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA

CANTERA : SATIPO

ING RESP : M.Q.S.

PROGRESIVA : ACC. PTE CASHINGARI

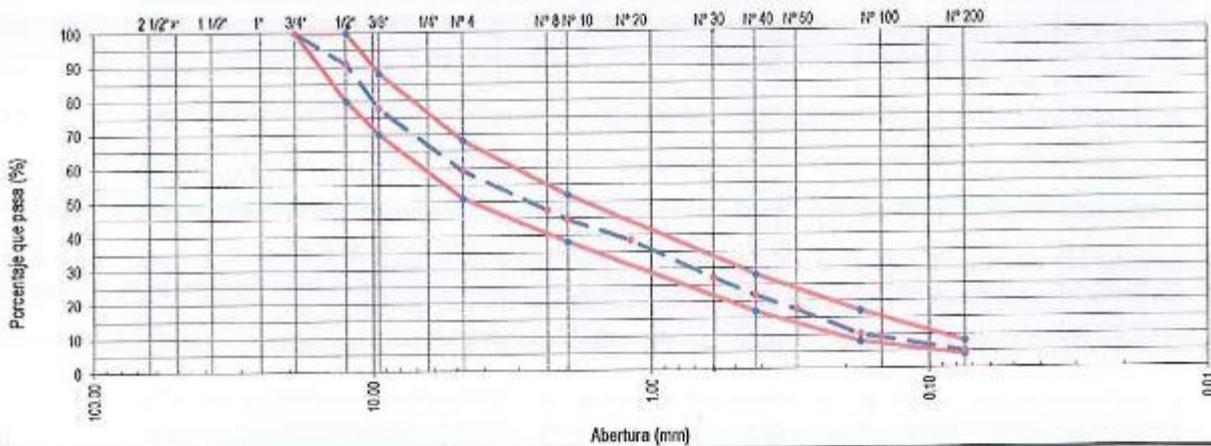
TEC RESP : J.L.M.M.

MUESTREO : LAVADO ( PLANTA )

BACHILLER : G. Reyes T.

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% PASA	ESPECIFICACIONES MAC-2			CARACT. FÍSICAS - MECÁNICAS			
						MIN	--	MAX				
3"	76.200								PESO FILTRO	:	21.4	gr
2 1/2"	63.500								PESO FILTRO	:	23.5	gr
2"	50.800								DIFERENCIA	:	2.1	gr
1 1/2"	38.100								PESO MUESTRA	:	417.8	gr
1"	25.400								PESO MAT. LAVADO	:	391.5	gr
3/4"	19.050				100.0	100	--	100	P. MAT. LAVADO + FILTRO	:	393.6	gr
1/2"	12.500	35.9	9.1	9.1	90.9	80	--	100	DIFERENCIA	:	24.2	gr
3/8"	9.500	52.0	13.2	22.3	77.7	70	--	88	% C. ASFÁLTICO	:	5.79	%
1/4"	6.350								HORA DE ENSAYO	:	10:30.00	a.m.
Nº 4	4.750	72.8	18.5	40.8	59.2	51	--	68	<b>OBSERVACIONES</b>			
Nº 8	2.360	45.7	11.6	52.4	47.6				GRAVA	:	40.8	%
Nº 10	2.000	11.4	2.9	55.3	44.7	38	--	52	FINO	:	59.2	%
Nº 16	1.190	24.4	6.2	61.5	38.5					:	100.0	%
Nº 20	0.840											
Nº 30	0.600	44.5	11.3	72.9	27.2							
Nº 40	0.420	20.9	5.3	78.2	21.8	17	--	28				
Nº 50	0.300	16.9	4.3	82.5	17.6				RELAC. POLV./ASFALT.	=	0.86	
Nº 80	0.177	29.5	7.5	89.9	10.1	8	--	17	<b>PESOS INICIALES</b>			
Nº 100	0.150	3.5	0.9	90.8	9.2				PESO TOTAL	:	393.6	
Nº 200	0.075	18.5	4.2	95.0	5.0	4	--	8				
< Nº 200		19.6	5.0	100.0								

ENSAYO GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO



CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*José Luis Manrique Matos*  
TEC. LABORATORIO

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

*Ing. Marco Rol Quispe Simca*  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

PROYECTO	REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	ING RESP: M.Q.S.
TRAMO	MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA	TEC RESP: J.L.M.M.
MATERIAL	Para Concreto Asfáltico en Caliente (Combinación Física)	BACHILLER G. Reyes I.
CANTERA	SATIPO	
PROGRESIVA	ACC. PLE CASIHGARI	

### MARSHALL OPTIMO 5.8 %

Tamices ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200
% Pasa Material	100	90.9	77.7	59.2	44.7	21.8	10.1	5.0
Especificaciones	100 - 100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

N°	BRIQUETAS	N°	1	2	3		PROM	ESP.TEC.
1	C. ASFÁLTICO EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.8	5.8	5.8		5.8	
2	AGR. GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	38.47	38.47	38.47			
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	54.88	54.88	54.88			
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00			
5	P. ESP. DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE		1.023	1.023	1.023			
6	P. ESP. BULK DEL AGREGADO GRUESO		2.680	2.680	2.680			
7	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO GRUESO		2.749	2.749	2.749			
8	P. ESP. BULK DEL AGREGADO FINO		2.702	2.702	2.702			
9	P. ESP. APARENTE DEL AGREGADO FINO		2.735	2.735	2.735			
10	PESO ESPECÍFICO DEL FILLER APARENTE		0.000	0.000	0.000		0.000	
11	ALTURA PROMEDIO DE LA PROBETA	cm.						
12	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1239.9	1236.7	1238.3			
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADA	gr	1241.1	1238.2	1239.4			
14	PESO DE LA BRIQUETA EN AGUA	gr	716.6	714.5	714.7			
15	VOLUMEN DE LA BRIQUETA	cc	524.5	523.7	524.7			
16	P. ESP. BULK DE LA BRIQUETA		2.364	2.361	2.360		2.362	
17	P. ESP. MÁXIMO ASTM D-2041		2.465	2.465	2.465			
18	MÁXIMA DENSIDAD TEÓRICA		2.518	2.518	2.518			
19	VACIOS	(17-19)*100/17	4.10	4.20	4.26		4.2	3 - 5
20	P. ESP. BULK DEL AGREGADO TOTAL	(2+3+4)/(2/8)+(3/8)+(4/10)	2.693	2.693	2.693			
21	V.M.A.	100 (2+3+4)/(16/20)	18.1	18.1	18.2		18.1	Mín. 14
22	VACIOS LLENOS CON C. ASFÁLTICO	100*(1-19)/21	77.3	76.8	76.6		76.9	
23	PESO ESP. APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	(100-1)/(17/7)+(1/9)	2.766	2.766	2.766			
24	P. ESP. EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	(100-1)/(100/17)-(1/5)	2.699	2.699	2.699			
25	C. ASF. ABSORBIDO POR EL AGR. TOTAL	(100*5*(24-20))/(24*20)	0.09	0.09	0.09			
26	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO	1-(25*(2+3+4)/100)	5.71	5.71	5.71			
27	FLUIDO	mm	3.556	3.556	3.556		3.556	2.03 - 3.56
28	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1372	1390	1396			
29	FACTOR DE ESTABILIDAD		0.96	0.96	0.96			
30	ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1317	1334	1340		1331	Mín. 815
31	FACTOR DE RIGIDEZ	kg/cm	3704	3753	3769		3742	1700 - 4000
	RELACIÓN/CMO CEMENTO ASFÁLTICO		0.95					

OBSERVACIONES:	DOSIFICACION:	% DISEÑO		% MEZCLA	
Grava triturada 3/4"		26.0 %		40.8 %	
Arena triturada 1/8"		42.00 %		59.2 %	
Arena Zarandada 1/8"		32.0 %			

CONSORCIO SUPERVISOR VAL CUBANTIA

*José Luis Manrique Matos*  
TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VAL CUBANTIA

*Ing. Marco Polo Quispe Sinca*  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS



## LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO

TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

### FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

#### AASHTO T 245 / ASTM D 1559

PROYECTO : REHABILITACION Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA  
TRAMO : MAZAMARI - PANGOA - CUBANTIA  
DESCRIPCION : ENSAYO RICE  
ING RESP: M.Q.S.  
PROGRESIVA : ACC. PTE CASHINGARI  
TEC RESP: J.L.M.M.  
CANTERA : SATIPO  
BACHILLER G. Reyes T.

#### COMPONENTES:

##### BITUMEN

Contenido Óptimo Cemento Asfáltico PEN 60/70 (En Peso de la Mezcla Asfáltica Total)

Aditivo Mejorador de Adherencia QUIMBOND 3000 0.5% (En Peso del Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico)

RICE= 5.76

IDENTIFICACION DE MUESTRA		Und	01
1.-	Peso del Material	gr.	1305.0
2.-	Peso Agua + Frasco	gr.	10259.0
3.-	Peso Agua + Frasco + Material (1+2)	gr.	11564.0
4.-	Peso Agua + Frasco + Material (Ensayo)	gr.	11034.6
5.-	Volumen (3-4)	gr.	529.4
Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>		gr./cm <sup>3</sup>	2.455

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

José Luis Manrique Matos  
TEC. LABORATORISTA

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANTIA

Marco Polo Quispe Sinca  
ESPECIALISTA EN SUELOS Y PAVIMENTOS

# EVALUACIÓN DEFLECTOMÉTRICA



**LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO**  
 TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

**EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO - TRAMOS EVALUADOS**  
**REGISTRO DE CAMPO**

Ensayos con Viga Benkelman - Nivel de Carpeta Asfáltica

ESTRUCTURA CARPETA ASFÁLTICA	Carga Eje: 4100	Carga Eje:
ESPESOR 8.0 cm	Presión: 80	Presión:
CARRIL IZQUIERDO		

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL								PARÁMETROS DE EVALUACION			TEMP.		OBS.
	PRIMER DIAL						SEGUNDO DIAL		D <sub>0</sub> (0.01 mm)	D <sub>25</sub> (0.01 mm)	R <sub>c</sub> (mm)	Amb °C	Asfalto °C	
	L-0 0.01 mm	L-26 0.01 mm	L-50 0.01 mm	L-76 0.01 mm	L-100 0.01 mm	L-500 0.01 mm	L <sub>1</sub> 0.01 mm	L <sub>2</sub> 0.01 mm						
02+000	0	0	3	5	7	10	0	5	40	20	155	24.2	24.4	CUMPLE
02+050	0	0	2	4	7	9	0	4	36	16	155	24.3	24.7	CUMPLE
02+100	0	0	2	4	7	9	0	4	36	16	155	24.5	24.6	CUMPLE
02+150	0	0	2	5	8	10	0	5	40	20	155	24.5	24.7	CUMPLE
02+200	0	0	3	4	7	9	0	5	36	20	195	23.7	24.8	CUMPLE
02+250	0	0	4	6	8	10	0	5	40	20	155	24.6	24.6	CUMPLE
02+300	0	0	2	4	7	9	0	4	36	16	155	24.4	24.7	CUMPLE
02+350	0	0	2	5	8	10	0	5	40	20	155	24.6	24.6	CUMPLE
02+400	0	0	2	4	7	9	0	5	36	20	105	24.7	24.7	CUMPLE
02+450	0	0	2	5	8	10	0	5	40	20	155	24.5	24.8	CUMPLE
02+500	0	0	2	4	7	9	0	4	36	16	155	24.8	24.9	CUMPLE
02+550	0	0	4	6	8	10	0	5	40	20	155	24.6	24.9	CUMPLE
02+600	0	0	3	5	7	9	0	4	36	16	155	24.7	24.9	CUMPLE
02+650	0	0	3	5	7	9	0	5	36	20	195	25.3	25.5	CUMPLE
02+700	0	0	2	4	6	8	0	4	32	16	195	25.4	25.5	CUMPLE
02+750	0	0	2	5	8	10	0	5	40	20	155	25.6	25.7	CUMPLE
02+800	0	0	2	4	7	9	0	4	36	16	155	25.7	25.8	CUMPLE
02+850	0	0	2	5	8	10	0	5	40	20	155	25.8	25.9	CUMPLE
02+900	0	0	2	5	8	10	0	5	40	20	155	25.7	26.0	CUMPLE
02+950	0	0	2	4	7	10	0	4	40	16	130	25.8	26.3	CUMPLE
03+000	0	0	2	4	7	9	0	5	36	20	195	25.8	26.4	CUMPLE
03+050	0	0	2	4	7	9	0	4	36	16	155	24.5	24.6	CUMPLE
03+100	0	0	2	5	8	10	0	5	40	20	155	24.5	24.7	CUMPLE
03+150	0	0	2	5	8	10	0	5	40	20	155	24.5	24.7	CUMPLE
03+200	0	0	3	4	7	9	0	5	36	20	195	23.7	24.8	CUMPLE
03+250	0	0	4	6	8	10	0	5	40	20	155	24.6	24.6	CUMPLE
03+300	0	0	2	4	7	9	0	4	36	16	155	24.4	24.7	CUMPLE
03+350	0	0	2	5	8	10	0	5	40	20	155	24.6	24.6	CUMPLE
03+400	0	0	2	4	7	9	0	5	36	20	105	24.7	24.7	CUMPLE
03+450	0	0	2	5	8	10	0	5	40	20	155	24.5	24.6	CUMPLE
03+500	0	0	2	4	7	9	0	4	36	16	155	24.8	24.9	CUMPLE
03+550	0	0	4	6	8	10	0	5	40	20	155	24.6	24.6	CUMPLE
03+600	0	0	3	5	7	9	0	4	36	16	155	24.7	24.9	CUMPLE
03+650	0	0	3	5	7	9	0	5	36	20	195	25.3	25.5	CUMPLE
03+700	0	0	2	4	6	8	0	4	32	16	105	25.4	25.5	CUMPLE
03+750	0	0	2	5	8	10	0	5	40	20	155	25.6	25.7	CUMPLE
03+800	0	0	2	4	7	9	0	4	36	16	155	25.7	25.8	CUMPLE
03+850	0	0	2	5	8	10	0	5	40	20	155	25.6	25.9	CUMPLE
03+900	0	0	2	5	8	10	0	5	40	20	155	25.7	26.0	CUMPLE
03+950	0	0	2	4	7	10	0	4	40	16	130	25.8	26.3	CUMPLE
04+000	0	0	2	4	7	9	0	5	36	20	195	25.8	26.4	CUMPLE

N	41	41
S	1548	6745
PROMEDIO	37.8	164.5
MAXIMO	32	130
MINIMO	40	105
DESVIACION ESTÁNDAR	2.4	10.6
VARIANZA	5.6	345.5
COEFICIENTE DE VAR	0.3	11.3
VALOR CARACTERÍSTICO	41.7	195.1

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANITA

*Ing. Mario Ocho Quispe Sinca*  
 INGENIERO EN SUELOS Y PAVIMENTOS

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANITA

*José Luis Maturique Matos*  
 TEG. LABORATORISTA



**LABORATORIO DE SUELOS, PAVIMENTOS Y CONCRETO**  
 TESIS: "COMPORTAMIENTO FÍSICO - MECÁNICO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE EN EL DISTRITO DE MAZAMARI, PROVINCIA DE SATIPO"

**EVALUACION ESTRUCTURAL DEL PAVIMENTO - TRAMOS EVALUADOS**  
**REGISTRO DE CAMPO**  
 Ensayos con Viga Benkelman - Nivel de Base

ESTRUCTURA CARPETA ASFALTICA	Carga Eje: 4100	Carga Eje:
ESPESOR 8.0 cm	Presión: 60	Presión:
CARRIL DERECHO		

Progresiva (Km)	LECTURAS DEL DIAL						SEGUNDO DIAL		PARÁMETROS DE EVALUACION			TEMP.		OBS.
	PRIMER DIAL						L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	D <sub>0</sub> (0.01 mm)	D <sub>25</sub> (0.01 mm)	Rc (m)	Amb °C	Asfalto °C	
	L-0 0.01 mm	L-25 0.01 mm	L-50 0.01 mm	L-75 0.01 mm	L-100 0.01 mm	L-500 0.01 mm								
02+000	0	0	2	5	8	10	0	5	40	20	156	22.0	22.4	CUMPLE
02+050	0	0	2	4	7	9	0	4	36	16	156	22.5	22.9	CUMPLE
02+100	0	0	2	4	7	9	0	5	36	20	195	22.7	23.0	CUMPLE
02+150	0	0	2	3	5	9	0	5	36	20	195	22.9	23.3	CUMPLE
02+200	0	0	3	4	7	9	0	4	36	16	156	23.0	23.5	CUMPLE
02+250	0	0	4	6	8	10	0	5	40	20	156	23.3	23.7	CUMPLE
02+300	0	0	2	4	7	9	0	4	36	16	156	23.5	23.9	CUMPLE
02+350	0	0	2	5	8	10	0	5	40	20	156	23.7	24.0	CUMPLE
02+400	0	0	2	5	8	10	0	5	40	20	156	23.9	24.4	CUMPLE
02+450	0	0	2	5	8	10	0	4	40	16	130	23.3	23.7	CUMPLE
02+500	0	0	2	4	7	9	0	4	36	16	156	23.5	23.9	CUMPLE
02+550	0	0	4	6	8	10	0	5	40	20	156	23.7	24.3	CUMPLE
02+600	0	0	3	5	7	9	0	4	36	16	156	23.9	24.4	CUMPLE
02+650	0	0	3	5	7	9	0	4	36	16	156	23.7	24.5	CUMPLE
02+700	0	0	2	4	6	8	0	4	32	16	195	23.8	24.6	CUMPLE
02+750	0	0	2	4	7	10	0	5	40	20	156	23.7	24.0	CUMPLE
02+800	0	0	2	4	7	9	0	4	36	16	156	23.9	24.4	CUMPLE
02+850	0	0	2	4	6	8	0	5	36	20	195	23.3	23.7	CUMPLE
02+900	0	0	2	5	6	9	0	4	36	16	156	23.5	23.9	CUMPLE
02+950	0	0	2	5	7	10	0	5	40	20	156	23.7	24.3	CUMPLE
03+000	0	0	2	5	7	10	0	5	40	20	156	23.8	24.4	CUMPLE
03+050	0	0	2	4	7	9	0	4	36	16	156	22.5	22.9	CUMPLE
03+100	0	0	2	4	7	9	0	5	36	20	195	22.7	23.0	CUMPLE
03+150	0	0	2	3	5	9	0	5	36	20	195	22.9	23.3	CUMPLE
03+200	0	0	3	4	7	9	0	4	36	16	156	23.0	23.5	CUMPLE
03+250	0	0	4	6	8	10	0	5	40	20	156	23.3	23.7	CUMPLE
03+300	0	0	2	4	7	9	0	4	36	16	156	23.5	23.9	CUMPLE
03+350	0	0	2	5	6	10	0	5	40	20	156	23.7	24.0	CUMPLE
03+400	0	0	2	5	8	10	0	5	40	20	156	23.9	24.4	CUMPLE
03+450	0	0	2	5	8	10	0	4	40	16	130	23.3	23.7	CUMPLE
03+500	0	0	2	4	7	9	0	4	36	16	156	23.5	23.9	CUMPLE
03+550	0	0	4	6	8	10	0	5	40	20	156	23.7	24.3	CUMPLE
03+600	0	0	3	5	7	9	0	4	36	16	156	23.9	24.4	CUMPLE
03+650	0	0	3	5	7	9	0	4	36	16	156	23.7	24.5	CUMPLE
03+700	0	0	2	4	6	8	0	4	32	16	195	23.0	24.6	CUMPLE
03+750	0	0	2	4	7	10	0	5	40	20	156	23.7	24.0	CUMPLE
03+800	0	0	2	4	7	9	0	4	36	16	156	23.9	24.4	CUMPLE
03+850	0	0	2	4	6	9	0	5	36	20	195	23.3	23.7	CUMPLE
03+900	0	0	2	5	6	9	0	4	36	16	156	23.5	23.9	CUMPLE
03+950	0	0	2	5	7	10	0	5	40	20	156	23.7	24.3	CUMPLE
04+000	0	0	2	5	7	10	0	5	40	20	156	23.8	24.4	CUMPLE

N	41	41
S	1538	6997
PROMEDIO	37.5	162.6
MINMO	32	130
MAXIMO	40	195
DESVIACION ESTANDAR	2.3	17.3
VARIANZA	5.4	297.7
COEFICIENTE DE VAR	6.2	10.6
VALOR CARACTERISTICO	41.3	191.0

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANIA

*M. Sc. José Luis Blancique Matos*  
 INGENIERO EN PAVIMENTOS Y CONCRETO

CONSORCIO SUPERVISOR VIAL CUBANIA

*José Luis Blancique Matos*  
 ING. LABORATORISTA