

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

**Aceite de palma para la conservación de las propiedades
mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente expuestos
a transportes prolongados en climas fríos, Huancayo
2020**

Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Civil

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



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

DEDICATORIA

A Dios, quien me guio por el camino Salesiano y me da fuerzas para continuar hacia adelante. Por haberme mostrado la bondad infinita de nuestra madre María Auxiliadora y la sabiduría de nuestro padre Don Bosco, quienes me protegen e iluminan cada día para lograr mis objetivos.

A mi madre Tatiana D., por apoyarme siempre y en todo momento, por su amor incondicional, consejos, comprensión y, sobre todo, por los valores que la caracterizan como una madre verdaderamente única. Gracias, madre, por tu oración que me ha ayudado y permitido ser una persona de bien.

A mi padre Alberto O., por su ejemplo, perseverancia, humildad y la valentía que lo caracteriza. Por guiarme en el camino con valores y principios. Gracias, padre, por los ejemplos de vida, por tu apoyo y por el deseo sincero de llegar a ser un profesional competente.

A mis familiares, especialmente a mis hermanos, primos, tíos y a todos quienes forman parte de mi familia, porque siempre he contado y contaré con ustedes para todo; gracias por la confianza que han depositado en mí.

A mis amigos y amigas, con quienes nos hemos apoyado mutuamente en nuestra formación profesional y que, hasta ahora, seguimos siendo amigos. Gracias porque siempre contaré con ustedes.

AGRADECIMIENTO

A todas las personas que han colaborado en el desarrollo de la presente investigación.

Mediante el presente, expreso mi mayor gratitud hacia mi Alma Máter, la Universidad Continental, y a la Escuela Académico Profesional de Ingeniería, que, a través de sus docentes, impartieron conocimientos hacia mí.

A los dignos miembros del jurado:

-Mgtr. Ing. Augusto Elías García Corzo

-Mgtr. Ing. Marko Antonio Lengua Fernández

-Mgtr. Ing. Enrique Eduardo Huaroto Casquillas

Y mi más profundo agradecimiento al Mgtr. Ing. Job Pérez Canchanya como asesor de tesis, por su sapiencia y apoyo incondicional en la ejecución de este proyecto de investigación.

ÍNDICE

Contenido

PORTADA.....	1
DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
ÍNDICE.....	4
LISTA DE TABLAS.....	7
LISTA DE FIGURAS.....	9
RESUMEN.....	12
ABSTRACT.....	13
INTRODUCCIÓN.....	14
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO.....	15
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	18
1.2.1. PROBLEMA GENERAL.....	18
1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	18
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	18
1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	19
1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA.....	19
1.4.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	20
1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	20
1.5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	21
1.5.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL.....	21
1.5.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL.....	22
1.5.3. DELIMITACIÓN CONCEPTUAL.....	22
1.6. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES.....	22
1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL.....	22

1.6.2.	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	23
	CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	24
2.1.	ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	24
2.1.1.	ANTECEDENTES NACIONALES	24
2.1.2.	ANTECEDENTES INTERNACIONALES	26
2.2.	BASES TEÓRICAS	30
2.2.1.	MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE (MAC)	30
2.2.2.	DISEÑO DE MARSHALL	32
2.2.3.	PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DE BAJA TEMPERATURA	34
2.2.3.1.	Mecanismo del agrietamiento por baja temperatura	35
2.2.3.2.	Desarrollo de tensiones térmicas	35
2.2.3.3.	Predicción del agrietamiento térmico	36
2.2.4.	CARACTERIZACIÓN ASFÁLTICA A BAJA TEMPERATURA	37
2.2.5.	ASFALTO MODIFICADO	38
2.2.6.	MODIFICACIÓN CON ACEITE	39
2.2.7.	ACEITES VEGETALES	40
2.3	DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	45
	CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	48
3.1.1.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN	48
3.1.2.	NIVEL	48
3.1.3.	TIPO	49
3.2.	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	49
3.3.	POBLACIÓN Y MUESTRA	49
3.3.1.	POBLACIÓN	49
3.3.2.	MUESTRA	50
3.3.3.	MUESTREO	50
3.4.	TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	50
3.5.	INSTRUMENTO DE ANÁLISIS DE DATOS	50

3.6. VARIABLES	51
3.7. OPERACIONALIZACIÓN	52
CAPÍTULO IV RESULTADOS	53
4.1. DESCRIPCIÓN DEL EFECTO DE MODIFICACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA	53
4.2. ESTUDIOS PREVIOS	54
4.2.1. ESTUDIOS DE CAMPO	54
4.2.2. ESTUDIOS DE LABORATORIO	55
4.3. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	56
4.3.1. OE 1 – PROPIEDADES DEL DISEÑO DE MEZCLA INICIAL	57
4.3.2. OE 2 – PROPIEDADES MECÁNICAS - ASFALTO MODIFICADO	91
4.3.3. OE 3 – PROPIEDADES FÍSICAS - ASFALTO MODIFICADO	147
4.3.4. OG – DISCUSIÓN DE RESULTADOS	160
CONCLUSIONES.....	180
RECOMENDACIONES.....	182
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	184
Bibliografía	184
ANEXOS	190
ANEXO 1. Panel fotográfico	190
ANEXO 2. Certificados de los ensayos realizados	204
ANEXO 3. Matriz de consistencia	238

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Aceites Vegetales más usados y sus propiedades.....	42
Tabla 2. Compendio de las Propiedades del Aceite de Palma.....	44
Tabla 3. Operacionalización de la variable.....	52
Tabla 4. Granulometría Chupuro – Arena Zarandeada	58
Tabla 5. Granulometría Chupuro – Arena Procesada	60
Tabla 6. Granulometría Chupuro – Agregado de ½”	62
Tabla 7. Mezcla de Agregados - Marshall.....	64
Tabla 8. Pesos por cada porcentaje de asfalto	66
Tabla 9. Características y propiedades para un 4.0% de ligante asfáltico.....	67
Tabla 10. Características y propiedades para un 4.5% de ligante asfáltico.....	68
Tabla 11. Características y propiedades para un 5.0% de ligante asfáltico.....	69
Tabla 12. Características y propiedades para un 5.5% de ligante asfáltico.....	70
Tabla 13. Características y propiedades para un 6.0% de ligante asfáltico.....	71
Tabla 14. Características y propiedades para un 6.5% de ligante asfáltico.....	72
Tabla 15. Resumen de propiedades por porcentaje de ligante asfáltico	73
Tabla 16. Pesos para el óptimo contenido de ligante asfáltico	78
Tabla 17. Resultados de diferencial de temperatura para estabilidad	79
Tabla 18. Resultados de diferencial de temperatura para estabilidad	81
Tabla 19. Resultados de adherencia a distintas temperaturas de ensayo.....	87
Tabla 20. Datos de estabilidad con ligante asfáltico modificado al 0.5%.....	91
Tabla 21. Datos de flujo con ligante asfáltico modificado al 0.5%	93
Tabla 22. Datos de estabilidad con ligante asfáltico modificado al 1.0%.....	99
Tabla 23. Datos de flujo con ligante asfáltico modificado al 1.0%	101
Tabla 24. Datos de estabilidad con ligante asfáltico modificado al 1.5%.....	107
Tabla 25. Datos de flujo con ligante asfáltico modificado al 1.5%	109

Tabla 26. Datos de estabilidad con ligante asfáltico modificado al 2.0%	115
Tabla 27. Datos de flujo con ligante asfáltico modificado al 2.0%	117
Tabla 28. Datos de estabilidad con ligante asfáltico modificado al 2.5%	123
Tabla 29. Datos de flujo con ligante asfáltico modificado al 2.5%	125
Tabla 30. Datos de estabilidad con ligante asfáltico modificado al 3.0%	131
Tabla 31. Datos de flujo con ligante asfáltico modificado al 3.0%	133
Tabla 32. Datos de estabilidad con ligante asfáltico modificado al 3.5%	139
Tabla 33. Datos de flujo con ligante asfáltico modificado al 3.5%	141
Tabla 34. Porcentajes de adherencia del ligante asfáltico modificado al 1.0%	148
Tabla 35. Porcentajes de adherencia del ligante asfáltico modificado al 2.0%	152
Tabla 36. Porcentajes de adherencia del ligante asfáltico modificado al 3.0%	156
Tabla 37. Prueba de normalidad. Estabilidad (kg) – Temperatura (°C)	167
Tabla 38. Prueba de normalidad. Flujo (mm) – Temperatura (°C).....	168
Tabla 39. Tipo de correlación de las variables	170
Tabla 40. Correlación bivariado entre Temperatura (°C) - Estabilidad (kg) de muestra con 3.00% de adición de aceite de palma	171
Tabla 41. Correlación bivariado entre Temperatura (°C) - Flujo (mm) de muestra con 3.00% de adición de aceite de palma	172
Tabla 42. Prueba de normalidad. Adherencia (%) con (aceite de palma) – Temperatura (°C)	175
Tabla 43. Correlación bivariado entre Temperatura – Porcentaje de adherencia (%) de muestra con 3.00% de adición de aceite de palma	177

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Salida de la Mezcla Asfáltica convencional ante problemática climática en el Distrito de Chupuro.....	17
Figura 2. Llegada de la Mezcla Asfáltica a obra a temperatura por debajo de lo recomendado en el Distrito de Chupuro.....	17
Figura 3. Evaluación probabilística de agrietamiento	37
Figura 4. Estructura química del triglicérido.	41
Figura 5. Estructura química de la glicerina.	41
Figura 6. Planta chancadora de Chupuro.....	55
Figura 7. Curva Granulométrica – Arena Zarandeada.....	59
Figura 8. Curva Granulométrica – Arena Procesada.....	61
Figura 9. Curva Granulométrica – Agregado ½”.....	63
Figura 10. Curva Granulométrica – Mezcla de agregados MAC 2.....	65
Figura 11. Valores de estabilidad vs. Porcentaje de contenido asfáltico	74
Figura 12. Valores de flujo vs. Porcentaje de contenido asfáltico.....	75
Figura 13. Porcentaje de vacíos vs. Porcentaje de contenido asfáltico	76
Figura 14. Porcentaje de VMA vs. Porcentaje de contenido asfáltico.....	76
Figura 15. Porcentaje de VLLA vs. Porcentaje de contenido asfáltico.....	77
Figura 16. Valores de peso unitario vs. Porcentaje de contenido asfáltico	77
Figura 17. Valores de estabilidad para cada temperatura de compactación.	83
Figura 18. Valores de flujo para cada temperatura de compactación.....	84
Figura 19. Porcentajes de vacíos para cada temperatura de compactación	85
Figura 20. Porcentajes de VMA para cada temperatura de compactación	86
Figura 21. Porcentajes de adherencia para cada temperatura de ensayo.....	90
Figura 22. Valores de estabilidad modificada con 0.5% de adición de aceite de palma ...	95
Figura 23. Valores de flujo modificado con 0.5% de adición de aceite de palma.....	96
Figura 24. Porcentaje de vacíos modificado con 0.5% de adición de aceite de palma.....	97

Figura 25. Porcentaje de VMA modificado con 0.5% de adición de aceite de palma	98
Figura 26. Valores de estabilidad modificada con 1.0% de adición de aceite de palma .	103
Figura 27. Valores de flujo modificado con 1.0% de adición de aceite de palma.....	104
Figura 28. Porcentaje de vacíos modificado con 1.0% de adición de aceite de palma...	105
Figura 29. Porcentaje de VMA modificado con 1.0% de adición de aceite de palma	106
Figura 30. Valores de estabilidad modificada con 1.5% de adición de aceite de palma .	111
Figura 31. Valores de flujo modificado con 1.5% de adición de aceite de palma.....	112
Figura 32. Porcentajes de vacíos modificado con 1.5% de adición de aceite de palma .	113
Figura 33. Porcentajes de VMA modificado con 1.5% de adición de aceite de palma....	114
Figura 34. Valores de estabilidad modificada con 2.0% de adición de aceite de palma .	119
Figura 35. Valores de flujo modificado con 2.0% de adición de aceite de palma.....	120
Figura 36. Porcentaje de vacíos modificado con 2.0% de adición de aceite de palma...	121
Figura 37. Porcentaje de VMA modificado con 2.0% de adición de aceite de palma	122
Figura 38. Valores de estabilidad modificada con 2.5% de adición de aceite de palma .	127
Figura 39. Valores de flujo modificado con 2.5% de adición de aceite de palma.....	128
Figura 40. Porcentajes de vacíos modificado con 2.5% de adición de aceite de palma .	129
Figura 41. Porcentajes de VMA modificado con 2.5% de adición de aceite de palma....	130
Figura 42. Valores de estabilidad modificada con 3.0% de adición de aceite de palma .	135
Figura 43. Valores de flujo modificado con 3.0% de adición de aceite de palma.....	136
Figura 44. Porcentaje de vacíos modificado con 3.0% de adición de aceite de palma...	137
Figura 45. Porcentaje de VMA modificado con 3.0% de adición de aceite de palma	138
Figura 46. Valores de estabilidad modificada con 3.5% de adición de aceite de palma .	143
Figura 47. Valores de flujo modificado con 3.5% de adición de aceite de palma.....	144
Figura 48. Porcentaje de vacíos modificado con 3.5% de adición de aceite de palma...	145
Figura 49. Porcentaje de VMA modificado con 3.5% de adición de aceite de palma	146
Figura 50. Porcentaje de adherencia con 1.0% de adición de aceite de palma.....	151
Figura 51. Porcentaje de adherencia con 2.0% de adición de aceite de palma.....	155

Figura 52. Porcentaje de adherencia con 3.0% de adición de aceite de palma.....	159
Figura 53. Resumen General de la Estabilidad	162
Figura 54. Resumen General del Flujo	163
Figura 55. Resumen General del Porcentaje de Vacíos.....	164
Figura 56. Resumen General del Porcentaje de VMA.....	165
Figura 57. Resumen General del Porcentaje de Adherencia.....	166
Figura 58. Diagrama de cajas. Estabilidad (kg) – Temperatura (°C).	169
Figura 59. Diagrama de cajas. Flujo (mm) – Temperatura (°C).....	169
Figura 60. Gráfica de estabilidad en muestra con adición aceite de palma al variar la temperatura.	173
Figura 61. Gráfica de flujo en muestra con adición aceite de palma al variar la temperatura.	174
Figura 62. Diagrama de cajas. Porcentaje de Adherencia (%) – Temperatura (°C).....	176
Figura 63. Gráfica de estabilidad en muestra con adición aceite de palma al variar la temperatura.	178

RESUMEN

La presente investigación analiza la variación de las propiedades mecánicas y físicas a distintas temperaturas de una mezcla asfáltica sometida a tensiones térmicas y deformaciones desarrolladas durante los ciclos de enfriamiento. La bibliografía consultada nos indica que los aceites vegetales presentan notorias cualidades beneficiosas para mejorar las propiedades de las mezclas asfálticas. Uno de los aceites vegetales más producidos y económicos en el mundo es el aceite de palma. Es por ello que se pretende determinar el porcentaje de aceite de palma adicionado como modificador asfáltico para conservar las propiedades mecánicas y físicas de una mezcla asfáltica en caliente expuesta a un descenso en su temperatura producto de transportes prolongados en climas fríos.

El conjunto de estudios y ensayos que se realizaron fueron con el objetivo de analizar el comportamiento de una mezcla asfáltica patrón, la cual sirvió como muestra de control, ya que fue expuesta a cambios de temperatura. Posteriormente a la dosificación de la mezcla asfáltica, se modificó ésta, adicionando distintos porcentajes de aceite de palma para analizar independientemente las propiedades mecánicas y físicas. En primer lugar, se evaluó el comportamiento mecánico que sufre la mezcla asfáltica, determinando la estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos, peso específico y porcentaje de vacíos en el agregado mineral, mediante la normativa del ensayo de la metodología Marshall MTC E 504, independientemente para cada muestra analizada sin modificar y modificada con adición del aceite de palma a distintos porcentajes. Como parte del análisis, se determinó el porcentaje de adherencia simulando el enfriamiento mediante diferenciales de temperatura durante el ensayo; este proceso se realizó bajo los parámetros de la normativa de adherencia en bandeja descritos en la normativa MTC E 520, también se determinó la influencia del aceite de palma a distintos porcentajes de adición, estos parámetros fueron comparados con la mezcla asfáltica patrón para cada una de las temperaturas a las cuales fue sometida para realizar la toma de datos.

Finalmente, se obtuvo el porcentaje óptimo de adición de aceite de palma para las mezclas asfálticas en el cual se analizó las propiedades mecánicas y físicas. La adición de un 3.0% presentó un mejor comportamiento en lo que concierne a conservación de la estabilidad, flujo y adherencia. Así mismo, el análisis de los resultados muestra que la temperatura de la mezcla asfáltica puede trabajarse hasta en 130°C, lo cual representa un impacto económico, ambiental y operacional favorable en las obras de infraestructura vial de pavimentos asfálticos expuestos a transportes prolongados en climas fríos.

Palabras clave. Propiedades de mezcla asfáltica, temperatura de transporte de mezcla asfáltica, aceite de palma en mezclas asfálticas, mezclas asfálticas modificadas.

ABSTRACT

This research analyzes the variation of physical and mechanical properties at different temperatures of an asphalt mix subjected to thermal stresses and deformations developed during the cooling cycles. The consulted bibliography indicates that vegetable oils have notorious beneficial qualities to improve the properties of asphalt mixtures. One of the most produced and economical vegetable oils in the world is palm oil. For this reason, the aim is to determine the percentage of palm oil added as an asphalt modifier to preserve the physical and mechanical properties of a hot asphalt mixture that is exposed to a drop in temperature as a result of prolonged transport in cold climates.

The set of studies and tests that were carried out were aimed at analyzing the behavior of a standard asphalt mix which served as a control sample, since it was exposed to temperature changes. After the dosage of the asphalt mixture, it was modified by adding different percentages of palm oil to independently analyze the physical and mechanical properties. First, the mechanical behavior of the asphalt mix was evaluated, determining stability, flow, void percentage, specific weight and void percentage in the mineral aggregate; by means of the Marshall test standard MTC E 504, independently for each sample analyzed without modification and modified with the addition of palm oil at different percentages. As part of the analysis, the percentage of adherence was determined by simulating the cooling by means of temperature differentials during the test. This process was performed under the parameters of the tray adherence standard described in MTC E 520, and the influence of palm oil at different percentages of addition was also determined.

Finally, the optimal percentage of palm oil addition for the asphalt mixtures was obtained, in which the physical and mechanical properties were analyzed. The addition of 3.0% showed a better performance in terms of stability, flow and adherence. Likewise, the analysis of the results shows that the temperature of the asphalt mix can be worked up to 130°C, which represents a favorable economic, environmental and operational impact in the road infrastructure works of asphalt pavements exposed to prolonged transportation in cold climates.

Key words. Asphalt mixing properties, transport temperature of asphalt mix, palm oil in asphalt mixtures, modified asphalt mixtures.

INTRODUCCIÓN

Una de las principales deficiencias de los pavimentos flexibles es el agrietamiento por causa de bajas temperaturas de las mezclas asfálticas, las cuales tienen una relación directa con la temperatura del ambiente que se evidencia principalmente en regiones de climas fríos. La disminución de las temperaturas aumenta la rigidez de la mezcla asfáltica, lo que hace que el pavimento sea más frágil y menos capaz de tolerar y relajar las tensiones producidas por el efecto térmico.

El comportamiento del efecto térmico provoca la acumulación de estrés hasta que alcanza la resistencia máxima de la mezcla asfáltica, que es cuando ocurre la fractura del pavimento (Amir Golalipour, 2018). Esta fractura, posteriormente, ocasiona la formación de baches, lo cual es perjudicial para una carretera, ya que no solo se ve afectada la calidad del viaje, sino que estos baches permiten que el agua entre en las capas inferiores del pavimento causando daños estructurales, lo que reduce significativamente la vida útil de un pavimento.

La modificación de mezclas asfálticas se ha utilizado ampliamente en la industria de la pavimentación para mejorar el rendimiento de los pavimentos. Por otro lado, los factores que causan el agrietamiento térmico no se han entendido completamente, porque se ha demostrado que pocos modificadores mejoran significativamente el rendimiento de las mezclas asfálticas a bajas temperaturas. La modificación con aceite es una de las pocas formas de mejorar el rendimiento de las mezclas asfálticas a bajas temperaturas. (Vitmer Lubel, 2017)

Para este caso estudiado, la modificación de la mezcla asfáltica implica la adición de un aceite de viscosidad típicamente más baja para "ablandar" el aglutinante y que, de esta manera, se vuelva menos frágil y obtenga mayores tendencias de relajación a temperaturas más bajas. La práctica de la modificación con aceites es usada ampliamente; sin embargo, los efectos en el rendimiento de las mezclas asfálticas y sus mecanismos fundamentales son relativamente desconocidos, ya que las condiciones a las que se encuentra expuesto el pavimento varían por los distintos factores externos.

Los cambios en la tecnología de refinación del petróleo crudo también han llevado a un aumento en la demanda de modificadores asfálticos para mejorar el rendimiento a bajas temperaturas. Esta demanda solo aumentará, dentro de la industria de la pavimentación, a medida que la tecnología de refinación mejore aún más. Por lo tanto, es necesario comprender mejor el mecanismo por el cual modificadores como el aceite de palma mejoran el rendimiento de las mezclas asfálticas a bajas temperaturas, ya que el aceite de palma es el más ligero en comparación con otros aceites fácilmente disponibles. (Sanabria, 2016)

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En las últimas décadas, son notables los esfuerzos para obtener mejores características en los aglutinantes asfálticos, llevando a la evaluación, desarrollo y empleo de una amplia gama de modificadores asfálticos con el objetivo de mejorar el rendimiento del ligante base ante problemáticas específicas; por lo tanto, mejorar el rendimiento del pavimento. Problemas en pavimentos como el craqueo inducido térmico en pavimentos flexibles producto de la aplicación de mezclas asfálticas calientes a temperaturas por debajo de lo recomendado. Este problema es crítico en regiones frías, ya que las temperaturas ambientales tienden a bajar la temperatura de la mezcla asfáltica rápidamente en los lapsos de tiempo que comprende el transporte de ésta hasta el lugar de colocación. A nivel internacional, este problema es muy estudiado en localidades donde el clima frío es un obstáculo en la ejecución de proyectos viales, como en Corea del Sur, donde se estudió que a medida que la estructura del pavimento tiende a contraerse en condiciones de baja temperatura, se desarrollan tensiones internas que resultan en grietas o fallas. Por lo tanto, se volvió necesario realizar la modificación del ligante asfáltico alterando las propiedades de las mezclas bituminosas asfálticas; de esta manera, y con el fin de mejorar el rendimiento del aglutinante asfáltico, se fabricó modificándolo con polímeros, lo cual resultó en una mejora evidente de las propiedades de la mezcla asfáltica. Así también, bajo las mismas necesidades, pero con el objetivo de aminorar costos, en la Universidad de Wisconsin – Madison, se estudió el empleo de aceites reciclados de plantas industriales de Madison como modificador de las mezclas bituminosas asfálticas, resultando que, a bajas

temperaturas, se disminuya la viscosidad del aglutinante evitando endurecerlo y, por tanto, no perder la cohesión con los agregados. De esta manera, la viscosidad del ligante se puede manipular cambiando la fracción de aceite en el sistema coloidal del asfalto. (Touqueer Shoukat, y otros, 2018)

La necesidad de trabajar las mezclas asfálticas a temperaturas muy bajas es de vital importancia también a nivel nacional, debido a que en el Perú se cuenta con una gran diversidad climática a lo largo de las regiones que lo componen; sin embargo, las investigaciones que se enfocan en este ámbito son bastante limitadas y los asfaltos modificados que mejoren las características mecánicas de las mezclas asfálticas bituminosas son escasos, caros y difíciles de conseguir en grandes volúmenes. Esta viene siendo una gran limitación que representa un contenido amplio a investigar, y dentro de la búsqueda de modificar la viscosidad de la mezcla asfáltica bituminosa se llegó a investigar los asfaltos con polímeros SBS, llegando a mejorar considerablemente la resistencia y la deformación de las mezclas asfálticas bituminosas, donde, de acuerdo a los ensayos realizados bajo la metodología Marshall, se comprobó una mejora en la trabajabilidad facilitando la compactación y mezclado en su comparación según las cartas de viscosidad. Limitándose en el análisis de un asfalto modificado producido en el extranjero y que presenta un impacto en el costo que podría representar el empleo de este material modificado, por lo cual el problema requiere que el asfalto pueda producirse nacionalmente para economizar costos de producción del asfalto modificado. (Vitmer Lubel, 2017)

A nivel local, se cuenta con la misma problemática y necesidad de mejorar las características físico-mecánicas de las mezclas asfálticas bituminosas, ante la evidente deplorable condición de las vías asfálticas a lo largo de la región donde producto de la severidad climática que caracteriza la región, como se observa en la figura 1 y 2, las mezclas asfálticas pierden rápidamente temperatura durante los lapsos de tiempo desde que salen de la planta asfáltica hasta que llegan al lugar exacto de tendido del tramo en ejecución, generando fallas tempranas en las vías asfálticas. Buscando mejorar esta característica y modificando la viscosidad en la mezcla asfáltica, se podría obtener aceite de palma en grandes volúmenes para emplearlo como material ecológico que pueda modificar la mezcla asfáltica

bituminosa con la finalidad de mantener las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente.

Al trabajar con un nuevo material como modificador asfáltico como lo es el aceite de palma, es necesario analizar su comportamiento a distintas temperaturas de mezclado, analizando la variación de sus propiedades mecánicas como la estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos, volumen de agregado mineral, peso unitario y también la variación de sus propiedades físicas, como la adherencia y cohesión que pueda variar ante la adición a distintos porcentajes de aceite de palma.



Figura 1. Salida de la Mezcla Asfáltica convencional ante problemática climática en el Distrito de Chupuro. Toma propia, 2020.



Figura 2. Llegada de la Mezcla Asfáltica a obra a temperatura por debajo de lo recomendado en el Distrito de Chupuro. Toma propia, 2020.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

¿Cuál es la influencia de la adición del aceite de palma en las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica en caliente expuesta a un descenso en su temperatura producto de transportes prolongados en climas fríos, Huancayo 2020?

1.2.2. PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Qué características presenta la mezcla asfáltica en caliente patrón en relación con sus propiedades mecánicas y físicas en función a la variación de temperatura a condiciones naturales, Huancayo 2020?
- ¿Qué características presenta la mezcla asfáltica en caliente con adición de aceite de palma en relación con sus propiedades mecánicas y físicas en función a la variación de temperatura a condiciones naturales, Huancayo 2020?
- ¿Cuál será el porcentaje óptimo de adición de aceite de palma para la conservación de las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica en caliente en función a la variación de temperatura a condiciones naturales, Huancayo 2020?

1.3. OBJETIVO GENERAL

Determinar cuál es la influencia de la adición del aceite de palma en las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica en caliente expuesta a un descenso en su temperatura producto de transportes prolongados en climas fríos, Huancayo 2020.

1.3.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar la caracterización de la mezcla asfáltica en caliente patrón en relación con sus propiedades mecánicas y físicas en función a la variación de temperatura a condiciones naturales, Huancayo 2020.
- Conocer la caracterización de la mezcla asfáltica en caliente con adición de aceite de palma en relación con sus propiedades mecánicas y físicas en función a la variación de temperatura a condiciones naturales, Huancayo 2020.
- Determinar el porcentaje óptimo de adición de aceite de palma para la conservación de las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica en caliente en función a la variación de temperatura a condiciones naturales, Huancayo 2020.

1.4. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA

1.4.1. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

La presente investigación aportará información útil concerniente a la adición de aceite de palma para mezclas asfálticas en caliente como un agente para preservar las propiedades mecánicas y físicas, para lo cual se determinará el porcentaje óptimo dentro de la composición de una mezcla asfáltica convencional, la que presentará características determinadas que mejorarán significativamente el desempeño ante la adversidad climática de la región, sustentado por ensayos de laboratorio realizados a condiciones controladas y presentando los porcentajes de adición de aceite de palma para el análisis del diseño planteado.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

La presente investigación representa un impacto económico importante, debido a que, ante la problemática que se evidencia en regiones con climas fríos donde muchas veces la mezcla asfáltica en caliente no llega a la temperatura de compactación calculada según normativa, produce en la mezcla asfáltica una alteración en propiedades físico – mecánicas, lo que se traduce en un aumento de los gastos de mantenimiento por futuras fallas tempranas que se evidencian en la carpeta asfáltica o, en el peor de los casos, la pérdida total de la mezcla asfáltica que pudiese llegar a obra a temperaturas inferiores a lo calculado, esto producto del tiempo prolongado del transporte. Así mismo, el emplear un material como el aceite de palma para modificar el ligante asfáltico, resulta más económico en comparación al empleo de cualquier otro aditivo industrializado para el mismo fin.

1.4.3. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

La presente investigación pretende caracterizar las propiedades de un ligante modificado con aceite de palma y registrar el comportamiento que presenta la mezcla asfáltica sometida a distintos porcentajes de adición en su composición, por lo cual comprende una metodología propuesta, donde se sigue la normativa disponible para alcanzar los objetivos planteados, para lo que se hará uso de la metodología Marshall del MTC E 504 y así determinar las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica. Adicionalmente, se utilizará la metodología del ensayo de adherencia del MTC E 520 para determinar las propiedades físicas de la mezcla asfáltica en caliente.

1.4.4. JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

La presente investigación se centra en el uso de un material que se obtiene naturalmente, que representa un mínimo impacto ambiental, lo cual lo torna en una alternativa ambientalmente amigable en comparación con los aditivos modificadores asfálticos industrializados convencionales, los cuales generan

elevados niveles de emisión de CO₂ para su producción y, por ende, aportan con la contaminación ambiental.

1.4.5. IMPORTANCIA

El valor de la presente investigación reside en aportar la utilización de un material como el aceite de palma para modificar la mezcla asfáltica en caliente con el objetivo de mantener sus propiedades físico – mecánicas ante el descenso de su temperatura producto de un tiempo de transporte prolongado en una región con un clima frío y, de esta manera, mitigar daños tempranos en la carpeta asfáltica manteniendo su durabilidad en climas adversos de condición fría.

1.5. DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. DELIMITACIÓN ESPACIAL

La presente investigación se desarrolla en la provincia de Huancayo, debido a que esta ciudad se encuentra en una región donde la temperatura ambiental puede llegar a valores bajos según la temporada y la ubicación específica. Por lo cual los materiales serán obtenidos en la región, delimitando la investigación a regiones de climas fríos donde la temperatura ambiental representa un problema y se asemeja a las condiciones climáticas de esta región.

Además, se determina de forma logística que la obtención de aceite de palma no representa ningún problema, ya que se puede adquirir grandes cantidades porque se produce en grandes volúmenes y, además, se cuenta con una gran disponibilidad de plantas extractoras de aceite de palma a nivel nacional.

1.5.2. DELIMITACIÓN TEMPORAL

La delimitación temporal en la presente investigación se fundamenta en la época en que se desarrolla y el tiempo que requiere resolver los objetivos planteados, por lo cual para realizar la elaboración de las muestras que serán objeto de estudio según las normativas del MTC E 504 y el MTC E 520 en la variación de aceite de palma y obtener de esta manera la influencia y la dosificación óptima para el empleo de dicho aceite es de aproximadamente 3 meses desde el inicio de los ensayos en laboratorio durante los meses de julio, agosto y setiembre del año 2020.

1.5.3. DELIMITACIÓN CONCEPTUAL

La delimitación conceptual de la presente investigación se encuentra basada en la normativa disponible nacional para la producción de mezclas asfálticas en caliente, por lo cual se utilizó los procedimientos contemplados en la metodología Marshall para la determinación de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica; sin embargo, para determinar las propiedades físicas es necesario recurrir a la normativa extranjera para contar con información más precisa, debido a que en la normativa peruana la información de los ensayos de adherencia es muy escasa.

1.6. HIPÓTESIS Y DESCRIPCIÓN DE VARIABLES

1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL

La influencia de la adición del aceite de palma conserva favorablemente las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica en caliente expuesta a un descenso en su temperatura producto de transportes prolongados en climas fríos, Huancayo 2020.

1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- La caracterización que presenta el diseño de mezcla asfáltica en caliente patrón en relación con sus propiedades mecánicas y físicas cumplen con los requerimientos mínimos según la normativa en función a la variación de temperatura a condiciones naturales, Huancayo 2020.
- La caracterización que presenta el diseño de mezcla asfáltica en caliente con adición de aceite de palma en relación con sus propiedades mecánicas y físicas cumplen con los requerimientos mínimos según la normativa en función a la variación de temperatura a condiciones naturales, Huancayo 2020.
- El porcentaje óptimo de adición de aceite de palma para la conservación de las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica en caliente se encuentra dentro del rango inferior al 10.0% en función a la variación de temperatura a condiciones naturales, Huancayo 2020.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

2.1.1. ANTECEDENTES NACIONALES

Según Usquiano Tantalán, I. A & Villareal Guimarey, J. F., (2016) en la tesis de pregrado titulada “Diseño de una mezcla asfáltica tibia con aceite de palma”, desarrollada en la Universidad Señor de Sipán, teniendo como objetivo principal el diseñar una mezcla asfáltica tibia a partir de aceite de palma, que cumpla con las exigencias de estabilidad y flujo para pavimentos flexibles contemplados en la norma EG 2013. Se comprobó, mediante ensayos de calidad realizados a los agregados que componen en la mezcla, el cumplimiento con todos los rangos, valores mínimos y máximos que sugiere el MTC en su “Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013” en los distintos ensayos completados. El asfalto óptimo obtenido para tránsito liviano fue de un porcentaje de 5.00% y para tránsito medio y pesado se obtuvo un 5.50%, cumpliendo en todas las situaciones los parámetros de flujo y estabilidad. Se estableció que el tipo de aceite de palma más correcto para el uso en mezclas asfálticas tibias es el de tipo industrial (Tipo). Se descubrió que el ACP optimiza las propiedades mecánicas (flujo y estabilidad) como se indica en los siguientes porcentajes: 1.0% para tránsito liviano y medio y 0.5% para tránsito pesado.

Según Huaman Guerrero (2012), en la tesis de postgrado titulada “La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú”. Este estudio tiene como objetivo principal determinar las causas más notorias que ocasionan fallas en los pavimentos asfálticos e indagar qué estudios hay que realizar a la mezcla asfáltica para que se logre reducir los efectos perjudiciales. Se llega a la conclusión de que se requiere tener especial cuidado en el diseño de la mezcla asfáltica por lo que la selección del tipo de ligante asfáltico debe realizarse de acuerdo a la zona en donde será colocada la mezcla asfáltica para minimizar la influencia de la temperatura y su deformabilidad; entre menos susceptible a la temperatura sea el ligante asfáltico, más resistente a la deformación plástica será la mezcla a altas temperaturas, más aún cuando ésta sobrepase los 60°C y que la exploración de usar los principios mínimos y máximos en relación al contenido de vacíos en la mezcla debe ser con la finalidad de asegurarlos tanto en la compactación de los especímenes como en la etapa de fabricación del pavimento asfáltico.

Según Humpiri Pineda (2015), en la tesis de postgrado titulada “Análisis superficial de pavimentos flexibles para el mantenimiento de vías en la región de Puno”, fijó como objetivos descubrir los tipos, causas y nivel de severidad del deterioro que presentan los pavimentos flexibles; proponer tratamientos e impulsar su mantenimiento. Este estudio define un diagnóstico detallado de los perjuicios sufridos por varios proyectos de pavimentos flexibles en la región de Puno. Fue esencial llevar a cabo una inspección minuciosa de las fuentes a tener en cuenta, donde se evidencia deterioros en el sector de rodadura de nivel de dureza baja, media y alta en varias oportunidades, lo que justificó realizar la identificación, categorización y examen de las fallas superficiales encontradas, anunciado por Katia Humpiri Pineda, donde finalmente determinó un desgaste temprano de la carpeta asfáltica producto de factores climáticos en la zona, sobre todo producto del frío severo, dejando de esta manera abierta la posibilidad de realizar estudios basados en el comportamiento de mezclas asfálticas en zonas de características climáticas muy frías.

Según Valeriano Turpo & Catacora Mendoza (2016), en la tesis de pregrado titulada “Comportamiento del diseño de mezcla asfáltica tibia, con adición de zeolita para la pavimentación de la localidad de Juliaca”, esta investigación fue desarrollada en la Universidad Nacional del Altiplano, teniendo como objetivo principal analizar el comportamiento del diseño de MAT mejorado con zeolita, obteniendo distintos beneficios ambientales y económicos. Los resultados durante el Ensayo Marshall para contenido óptimo de asfalto de 6.8% del diseño de mezcla asfáltica tibia a una temperatura de 140°C y de 100°C; así mismo, para el diseño de mezcla adicionada con zeolita natural de 2.0% y 6.6% de contenido óptimo de ligante asfáltico para 100°C, la suma de especímenes que fueron hechos es de tres con 75 golpes a cada lado de las muestras para tráfico pesado. Se tiene también que el diseño de mezcla asfáltica tibia es parcialmente peor que la resistencia a la compresión del diseño de mezcla asfáltica en caliente de 140°C en 20.35%; y en cotejo a la resistencia a la compresión escueta del diseño de mezcla asfáltica en caliente de 100°C es muy superior en 18.16 %. Se llega a la conclusión de que la adición en porcentajes de zeolita natural Clinoptilolita en 2% como filler en el diseño de Mezcla Asfáltica Tibia (MAT) es en parte menor en sus propiedades mecánicas respecto al diseño de Mezcla Asfáltica Convencional (MAC) de 140°C y, a su vez, es superior al diseño de mezcla asfáltica convencional de 100°C y respecto a los costos de producción de la mezcla asfáltica tibia nos permite un capital económico.

2.1.2. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Según Amir Golalipour (2018), en la tesis “Investigación del efecto de la modificación del aceite en las características críticas de los aglutinantes de asfalto”, investigación desarrollada en la Universidad de Wisconsin – Madison, se fijó como objetivo principal resolver las tres dificultades generalmente reconocidas como la causa principal de la degradación de los pavimentos de asfalto. El rendimiento se refleja en la formación de grietas, el agrietamiento por fatiga y el agrietamiento térmico o grietas de asfalto inducidas térmicamente. El pavimento sigue siendo un problema grave en

las regiones de clima frío, así como en las áreas que experimentan diferencias diarias extremas de temperatura, ya que el agrietamiento a baja temperatura de los pavimentos de asfalto se atribuye a tensiones térmicas desarrolladas durante el enfriamiento; por ende, mejorar las propiedades de fractura y rigidez a baja temperatura del aglutinante sigue siendo un tema de especial preocupación. El análisis de las curvas maestras del módulo de relajación indica que la modificación que causa el aceite varía al desviar de la curva maestra el ligante base ante sus temperaturas / tiempos de carga que son altos, pero demostró valores de módulo vítreo significativamente más bajos en relación con el aglutinante puro en todos los niveles de envejecimiento. Este estudio indica que la adición de un modificador de aceite cambiaría el comportamiento reológico y térmico de aglomerante asfáltico. Con base en los resultados, se concluye que la modificación del aceite puede mejorar el descenso de propiedades de temperatura del aglutinante de asfalto debido a la reducción de la rigidez y al aumento de la relajación módulo. Los resultados también muestran que la modificación con aceite presenta un efecto positivo en la resistencia al agrietamiento de aglutinante de asfalto a una amplia gama de temperaturas.

Según Sheng Tang (2015), en la tesis de postgrado titulada “Modificación de asfalto mediante el uso de bio-oil ESP y aditivo de aceite alto”, Ing. Sheng Tang, Iowa State University. El objetivo principal de esta investigación es evaluar los efectos del bio-aceite que contiene lignina para su uso en aglutinantes de asfalto e intentar optimizar la fórmula de modificación del bio-aceite agregando otros aditivos. Este trabajo analiza el bio-oil que es un líquido móvil de color marrón oscuro derivado del procesamiento termoquímico de la biomasa. Los bio-aceites generalmente contienen agua y lignina. La lignina es un derivado de carbohidratos altamente estudiado y de alta disponibilidad, conocido por sus propiedades antioxidantes. Para los pavimentos de asfalto, la oxidación puede causar deterioro a través del envejecimiento a largo plazo y, eventualmente, provocar grietas. Por lo tanto, el bio-aceite podría servir potencialmente como un aditivo antioxidante en

mezclas de asfalto. El uso de bio-aceite como antioxidante en la producción de asfalto podría ser una alternativa económica a los métodos convencionales, al tiempo que es consciente del medio ambiente y aumenta la longevidad y el rendimiento de los pavimentos de asfalto. En general, el rastrojo de maíz, la madera de roble y el bio-aceite derivado de pasto indican que existe la posibilidad de aumentar el rendimiento a altas temperaturas de los aglomerantes de asfalto. Sin embargo, el aumento en el rendimiento a alta temperatura afecta negativamente las propiedades del aglutinante a baja temperatura. Los rangos de grado de rendimiento general varían según las combinaciones de tres aglutinantes y bio-aceites diferentes. El aceite alto proporciona efectos de rehabilitación significativos a los aglutinantes modificados con bio-aceite a bajas temperaturas. Según los datos, algunos aglutinantes muestran efectos antioxidantes. Curiosamente, los resultados de la prueba de módulo dinámico no coinciden necesariamente con los resultados de la prueba de aglomerante de asfalto y sugieren una mejora en el rendimiento de la mezcla mayor que la identificada por los resultados de la prueba de aglutinantes.

Según Ryan Sylla (2015), en la tesis de pregrado titulada “Efectos de la modificación del aceite en las características de envejecimiento de los materiales de asfalto”, desarrollada en la Universidad de Wisconsin – Madison. Esta tesis presenta como objetivo simular el aglutinante de asfalto en diferentes momentos dentro de la vida útil de un pavimento. Se evaluaron tres aceites diferentes (parafina, desechos refinados y bio-aceite) para determinar sus efectos sobre los mecanismos de envejecimiento en comparación con el aglutinante base no modificado. La caracterización de estos materiales se realizó mediante dos enfoques que incluyen a.) Enfoque viscoelástico lineal de superpave utilizando el reómetro Beam Beam (BBR) y b.) Enfoque mecánico de fractura utilizando la prueba Single Edge Notched Beam (SENB). Para capturar los efectos del envejecimiento, los cambios relativos en el rendimiento se monitorearon a través de tres etapas de envejecimiento. El comportamiento de envejecimiento de los aglutinantes

modificados con aceite también se capturó en la fase de masilla, que es un estado más representativo de la fase continua en un pavimento de asfalto en comparación con solo la fase aglutinante. Los resultados indican que la modificación del aceite afecta significativamente la fase aglutinante, pero no afecta significativamente la fase de masilla. Los resultados del aglutinante indican que la resistencia general al envejecimiento del aglutinante de asfalto mejora ligeramente con la modificación del aceite y el tiempo en que ocurre dicho envejecimiento se altera significativamente en comparación con el aglutinante no modificado. Sin embargo, el aceite residual refinado en concentraciones más altas demostró efectos perjudiciales para las características de envejecimiento del aglutinante. En general, este estudio concluye que la modificación del aceite puede alterar significativamente los mecanismos de envejecimiento del aglutinante; sin embargo, estos cambios en el rendimiento del aglutinante no se correlacionan bien con el rendimiento en la fase de mezcla.

Según Touqueer Shoukay y otros (2018), en la tesis de pregrado titulada "Reología del aglutinante de asfalto modificado con aceite de motor de desecho de grado de viscosidad 5W30"; Touqueer Shoukat y Pyeong Jun Yoo, applied sciences. Se fijó como objetivos evaluar las propiedades que se imparten al cemento asfáltico con un aceite de motor de grado de viscosidad específico (5W30) y evaluar el efecto de la modificación de los aceites usados en las propiedades de baja y alta temperatura de cemento asfáltico. La estructura del pavimento tiende a encogerse en condiciones de baja temperatura y las grietas aparecen al cruzar la rigidez del aglutinante del umbral. Disminuyendo la viscosidad del aglutinante a tan bajas temperaturas, al introducir una fracción de aceite adicional (aromáticos y saturados) en el asfalto coloidal sistemas, puede resultar en una resistencia mejorada al agrietamiento térmico. Un solo aceite de motor multigrado (5W30) se utilizó en este estudio para analizar las propiedades reológicas impartidas a los aglutinantes. La prueba de viscosidad (RV) reveló que después del envejecimiento del horno de película delgada (RTFO), aceite

fresco y aceite residual tienen un efecto similar en la disminución de la viscosidad del aglutinante y las temperaturas de construcción, reduciendo ellos por 5 ~ 8°C. Los resultados de la prueba de Espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR) mostraron un brusco aumento de la concertación de carbonilo cuando se usó aceite de motor nuevo para el rejuvenecimiento; mientras se desperdicia el aceite de motor es menos susceptible al envejecimiento oxidativo. El análisis dinámico de aglutinantes modificados demostró que el aceite del motor tiene una mejor resistencia al agrietamiento térmico, pero la capacidad de relajación de los aglutinantes y el enrutamiento la resistencia se vio afectada. El aceite de motor de desecho filtrado produjo una disminución del 35% en la rigidez de aglutinante en comparación con el asfalto virgen después del envejecimiento a corto plazo, pero el grado de rendimiento superior (PG) fue comprometido por 1 ~ 3°C con 2.5% de inclusión de aceite. El aceite residual sin filtrar de motor demostró ser el que menos rendimiento presenta en comparación con el aceite de motor de desecho fresco y filtrado.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE (MAC)

Las mezclas asfálticas en caliente son las más utilizadas en la actualidad y se definen como una conjunción entre agregados, ligante asfáltico y aditivos en situaciones requeridas, de tal forma que toda la mezcla asfáltica quede recubierta por una película homogénea de ligante entre ellas. El desarrollo de la construcción de la mezcla asfáltica en caliente está en calentar el ligante asfáltico con el agregado y con polvo mineral para que aporte a la conjunción de éstas, y luego ser llevado a obra a temperatura muy superior al ámbito. Esta mezcla asfáltica debe tener como finalidad exhibir un óptimo desarrollo del pavimento constituido a lo largo de la vida servible de la carretera, lo cual debe diseñarse para cada tipo de interfaz que estará destinado y las condiciones climáticas que esta mezcla soportará dado que

si no cumple con las condiciones climáticas, la mezcla asfáltica puede ser dañina para el avance del emprendimiento. (Rodríguez, 2004)

2.2.1.1. PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

Las características o propiedades de las mezclas asfálticas en caliente son las siguientes:

Durabilidad: Propiedad de la mezcla asfáltica que provoca que el pavimento tenga la capacidad de soportar la desintegración por el paso del tránsito y al medio ambiente.

Estabilidad: Capacidad de la mezcla asfáltica para soportar las cargas por el peso del transporte que transita sin que se produzcan deformaciones.

Vacíos de aire: Son espacios diminutos de aire que están dentro de la mezcla ya compactada y se va a tomar en cuenta en la relación del diseño que se requiera.

Flexibilidad: Adaptación de deformaciones de la mezcla por establecimiento de la base y sub-base sin agrietarse.

Resistencia a la fatiga: Capacidad del pavimento de aguantar esfuerzos ocasionados por el peso y las repetidas ocasiones en las que transitan los vehículos.

Impermeabilidad: Estas mezclas tienen que ser impermeables en su integridad, de forma que en la parte superficial del agua no ingrese hacia las capas inferiores del pavimento, para que no ocasione y no pierda su capacidad de soporte.

Trabajabilidad: Capacidad de colocación y compactación de forma sencilla de la mezcla.

Adherencia: Propiedad que permite que, al juntarse las superficies de los agregados con el ligante asfáltico, se mantengan unidas por fuerzas intermoleculares.

2.2.2. DISEÑO DE MARSHALL

El criterio del procedimiento Marshall fue creado por Bruce Marshall, exingeniero de Bitúmenes del Departamento de Rutas del Estado de Misisipi. El objetivo del procedimiento Marshall es saber el contenido óptimo de asfalto para una conjunción específica de agregados. El procedimiento, además, provee información acerca de características de la mezcla asfáltica en caliente y establece densidades y contenidos óptimos de vacío que tienen que ser cumplidos a lo largo de la creación del pavimento. El procedimiento Marshall únicamente se aplica a mezclas asfálticas (en caliente) de pavimentación que utilizan cemento asfáltico clasificado con viscosidad o penetración y tienen dentro agregados con tamaños máximos de 25.0 mm o menos. El procedimiento puede ser utilizado para el diseño en laboratorio, como para el control de campo de mezclas asfálticas (en caliente) de pavimentación. El procedimiento Marshall utiliza muestras normalizadas de pruebas (probetas) de 64mm (2.5in) de espesor por 103mm (4in) de diámetro. Una sucesión de probetas, cada una con la misma conjunción de agregados, pero con diversos tipos de asfaltos, es lista utilizando un trámite concreto para calentar, combinar y compactar mezclas asfálticas de añadido. Los dos datos más destacables del diseño de mezclas del procedimiento Marshall son los siguientes: un examen de la relación de vacíos- consistencia y una prueba de estabilidad-flujo de las muestras compactadas. (Cáceres, 2007)

2.2.2.1. Ensayos de Estabilidad y Fluencia

El ensayo de estabilidad mide la resistencia de la mezcla a la deformación. La fluencia mide la deformación, bajo carga, que sucede en la mezcla.

El proceso de los ensayos es el siguiente:

1. Las probetas son calentadas en un baño de agua a 60°C (140°F). Esta temperatura representa, comúnmente, la temperatura más caliente que un pavimento en servicio va a experimentar.

2. La probeta es removida del baño, secada y colocada de manera rápida en la prensa a Marshall. La prensa radica en un dispositivo que aplica una carga sobre la probeta y de unos medidores de carga y deformación (fluencia).
3. La carga del ensayo es aplicada a la probeta a una velocidad recurrente de 51mm (2in) por minuto hasta que la muestra falle. La falla está definida como la carga máxima que la briqueta pueda resistir.
4. La carga falla se registra como el valor de estabilidad Marshall y la lectura del medidor de fluencia se registra como la fluencia. (Cáceres, 2007)

2.2.2.2. Valor de Estabilidad Marshall

El valor de seguridad Marshall es una medida de la carga bajo la cual una probeta cede o falla completamente. En el transcurso de un ensayo, cuando la carga es aplicada lentamente, los cabezales superior e inferior del electrónico se aproximan, y la carga sobre la briqueta aumentada de la misma manera que la lectura en el indicio de cuadrante. Después, se suspende la carga cuando se obtiene la carga máxima. La carga máxima indicada por el medidor es el Valor de Seguridad Marshall. Gracias a que la seguridad Marshall sugiere la resistencia de una mezcla a la deformación, hay una inclinación más allá que, si un valor de seguridad es bueno, entonces un valor más prominente va a ser bastante superior. Para bastantes materiales de ingeniería, la resistencia del material es muchas veces una medida de su calidad; no obstante, esta no es siempre la situación de las mezclas asfálticas en caliente. Las estabilidades increíblemente altas se consiguen a costa de durabilidad.

2.2.2.3. Valor de Fluencia Marshall

La fluencia Marshall, medida en centésimas de pulgada, representa la deformación de la briqueta. La deformación está indicada por la reducción en el diámetro vertical de la briqueta. Las mezclas que presentan valores bajos de fluencia y valores muy altos de seguridad Marshall se consideran bastante frágiles y rígidas para un pavimento en servicio. (Cáceres, 2007)

Aquellas que tienen valores altos de fluencia se consideran bastante plásticas y presentan inclinación a deformarse fácilmente bajo las cargas del tránsito. (Cáceres, 2007)

2.2.3. PAVIMENTOS ASFÁLTICOS DE BAJA TEMPERATURA

Los pavimentos de asfalto son compuestos granulares que contienen agregados minerales, aglomerante de asfalto y vacíos de aire. Los dos componentes portadores de carga de las mezclas asfálticas son los agregados minerales y el ligante. Los ligantes asfálticos se obtienen de la refinación del petróleo crudo. Se producen a partir de los residuos después del refinado de combustibles y lubricantes. Los ligantes asfálticos son materiales termoplásticos que demuestran propiedades viscoelásticas en la mayoría de las condiciones de operación del pavimento. (Van Der Poel, 1954)

Esta es la propiedad fundamental que los convierte en aglutinantes versátiles para mezclas de asfalto con las características viscoelásticas de los aglutinantes bituminosos que influyen directa y significativamente en el rendimiento de las mezclas.

El agrietamiento a baja temperatura de los pavimentos de hormigón asfáltico es un importante mecanismo de socorro de pavimento en regiones frías que cuesta cientos de millones de dólares en costos de rehabilitación para varias agencias. El agrietamiento térmico del pavimento de asfalto es un problema relacionado con el medio ambiente, ya que no depende de la carga aplicada al pavimento. Como sugiere el término, el agrietamiento térmico está relacionado con los esfuerzos de tensión inducidos térmicamente dentro de la capa de asfalto por los cambios de temperatura y se produce cuando el pavimento está sujeto a bajas temperaturas de campo. Por lo general, se presenta en forma de grietas transversales regularmente espaciadas, que se inician en la superficie de la capa de asfalto y se propagan aún más hacia abajo. Las consecuencias del agrietamiento térmico son un aumento inmediato de la rugosidad de la superficie del pavimento (es decir, una reducción de la comodidad y seguridad del transporte) y la pérdida de la función de sellado del pavimento para las capas subyacentes. A través de la

grieta, el agua puede infiltrarse en el pavimento, lo que lleva a la pérdida de soporte de las capas del suelo y aumenta el riesgo de daños por humedad para los materiales con menor asfalto. Sin embargo, las predicciones de esta problemática no han sido lo suficientemente precisas, lo que a menudo resulta en fallas prematuras en las carreteras. Se cree que la fragilidad excesiva debida al aumento de la rigidez y la disminución de la capacidad de relajar el estrés conduce a la acumulación de estrés inducido térmicamente y, en última instancia, al agrietamiento de las mezclas en los pavimentos.

2.2.3.1. Mecanismo del agrietamiento por baja temperatura

Uno de los fenómenos más perjudiciales del pavimento de asfalto es el agrietamiento térmico (agrietamiento transversal a baja temperatura), que ocurre principalmente durante las temporadas de invierno. Se cree que las tensiones térmicas que causan el agrietamiento se deben a tensiones térmicas limitadas. Cuando la temperatura baja, el pavimento tiende a contraer su volumen, siguiendo su coeficiente de expansión / contracción térmica; sin embargo, la capa de abajo se opone a cierta resistencia debido a la fricción; por lo tanto, las tensiones térmicas dentro de la capa de asfalto no tienen lugar libremente, lo que genera tensiones coactivas proporcionales a la rigidez del material. Como el asfalto es un material viscoelástico, parte de dichas tensiones se disipan a través de la relajación, pero, eventualmente, se acumulan hasta que alcanzan la resistencia del material, lo que lleva a la formación de grietas para aliviar estos esfuerzos. Si la grieta es causada por una condición de estrés térmico de una sola vez que supera la resistencia del material, el fenómeno se denomina "craqueo térmico de evento único". Por el contrario, si la grieta es causada por una serie de ciclos térmicos, que resultan en tensiones térmicas que nunca superan la resistencia máxima del material, el fenómeno se clasifica como "fatiga térmica".

2.2.3.2. Desarrollo de tensiones térmicas

En general, se cree que el estrés térmico creado por la restricción del pavimento, como resultado de la rápida caída de la temperatura a temperaturas frías, causa grietas térmicas. A medida que el pavimento se

contrae, las tensiones comienzan a acumularse dentro de las capas de pavimento de asfalto. Si la contracción ocurre rápidamente, el estrés puede acumularse y, eventualmente, exceder la capacidad de relajación del estrés o la resistencia de los pavimentos de asfalto. Cuando esto ocurre, el pavimento desarrolla grietas como una forma de aliviar el estrés. El agrietamiento térmico puede ser el resultado de un ciclo térmico cuando se encuentra una temperatura extremadamente baja o de un ciclo térmico donde la temperatura sube y baja, pero siempre permanece por encima de la temperatura baja crítica. Esta angustia puramente inducida térmicamente se conoce como agrietamiento térmico de "evento único". No está relacionado, ni se considera que sea, el ciclo de fatiga térmica. La temperatura crítica a la que esto ocurre depende de numerosas variables, como la temperatura mínima absoluta, el coeficiente de contracción dependiente de la temperatura no lineal, la temperatura de transición vítrea, etc.

2.2.3.3. Predicción del agrietamiento térmico

En muchos estudios, se hicieron intentos para introducir un procedimiento para predecir el agrietamiento del pavimento basado en la relación estrés-deformación-tiempo-temperatura. Una revisión de estos procedimientos indica que, en la mayoría de los casos, el mecanismo de falla se ha descrito sobre la base de un concepto simplificado de que se producirán grietas cuando la acumulación de tensión térmica causada por una velocidad de enfriamiento alcance la resistencia de la mezcla de asfalto.

Se han propuesto diferentes modelos para predecir el desarrollo de tensiones térmicas en un pavimento de asfalto y para predecir la aparición de grietas térmicas. Originalmente, confiaban en la medición de las propiedades de la mezcla de asfalto, pero este enfoque requiere pruebas complejas y costosas; por lo tanto, los investigadores se centraron en la estimación de las propiedades de la mezcla a partir de pruebas de agregado y aglutinante o, más recientemente, desarrollaron modelos basados principalmente en las propiedades de aglutinante. De hecho, aunque la gradación agregada y las propiedades volumétricas de la mezcla tienen un

efecto importante en las propiedades generales de la mezcla de asfalto, el agrietamiento térmico se considera un malestar relacionado con el aglutinante, debido a la susceptibilidad a la temperatura del asfalto. Estos modelos varían en sus formulaciones de la respuesta viscoelástica del aglutinante de asfalto y la representación de las características de resistencia del aglutinante de asfalto. Sin embargo, a pesar de la variación en los detalles, son similares en el sentido de que todos definen la falla al comparar el estrés térmico con la resistencia como se muestra en la figura 3 (Lytton, y otros, 1993)

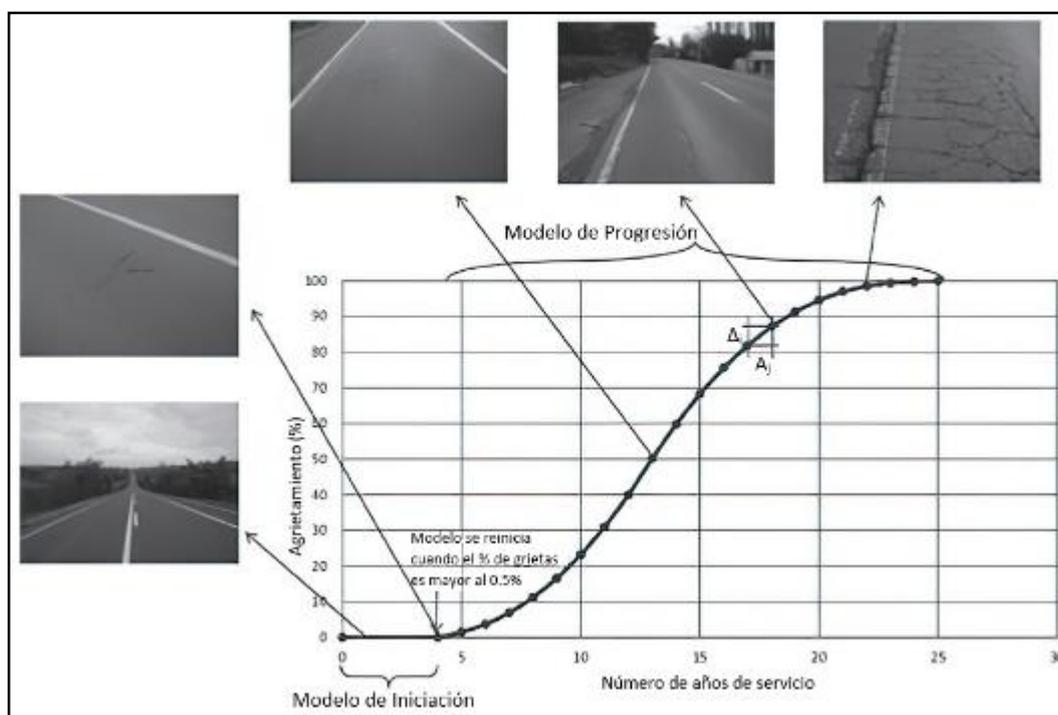


Figura 3. Evaluación probabilística de agrietamiento. Tomada de (Evaluación probabilística del agrietamiento de pavimentos asfálticos en carreteras de Chile, 2013)

2.2.4. CARACTERIZACIÓN ASFÁLTICA A BAJA TEMPERATURA

En general, se sabe que el comportamiento del pavimento de asfalto en condiciones de baja temperatura de estrés inducido se ve afectado por la respuesta del aglutinante de asfalto. Durante la vida útil del pavimento, el

asfalto está expuesto a bajas temperaturas, que tienden a alterar el comportamiento reológico. Muchos investigadores han acordado que el aglutinante de asfalto es el componente dominante para el rendimiento a baja temperatura de las mezclas de pavimento de asfalto. Por lo tanto, es muy importante estudiar el comportamiento a baja temperatura del aglomerante de asfalto para obtener una mejor comprensión de los factores que afectan el comportamiento a baja temperatura del pavimento. Basado en el concepto de que las propiedades del aglutinante de asfalto juegan el papel principal en el agrietamiento, varios estudios se han centrado en investigar el efecto de los parámetros reológicos y otros parámetros del aglutinante de asfalto en el rendimiento a baja temperatura. Las técnicas para caracterizar el aglutinante de asfalto y las mezclas para el agrietamiento a baja temperatura requieren la simulación de las condiciones de campo, lo que es algo difícil debido a la velocidad de carga relativamente lenta inducida por la contracción térmica. Es necesario un método cuantitativo para estudiar el papel complejo del aglutinante de asfalto en el pavimento y relacionar sus propiedades con el fenómeno de agrietamiento a baja temperatura.

2.2.5. ASFALTO MODIFICADO

Cuando el asfalto producido no cumple con los requisitos, la modificación del asfalto con aditivos ha servido como una de las soluciones de ingeniería rentables. En consecuencia, muchos investigadores y diseñadores, para crear un pavimento sin fallas, se han visto motivados para especificar aglomerantes de asfalto modificados. Las observaciones en el campo han demostrado las ventajas del asfalto modificado para retrasar y prevenir las dificultades del pavimento. Como resultado de esto, la modificación de los aglutinantes de asfalto ha aumentado en la última década porque proporciona las propiedades versátiles necesarias para construir una carretera con mejor rendimiento.

Se espera que la modificación del asfalto aumente en el futuro debido a las barreras económicas involucradas en la mejora de los asfaltos a través de los procesos de refinación y debido a las dificultades logísticas de usar crudos que naturalmente producen aglomerantes de asfalto de mejor

rendimiento. Sin embargo, el uso de varias técnicas de modificación y materiales adicionales ha hecho que las características físicas de los aglutinantes modificados sean extremadamente complejas y, a veces, esquivas. Como resultado, una gran cantidad de estudios evaluaron el comportamiento reológico de los aglutinantes modificados y discutieron métodos de prueba o características especiales del aglutinante modificado. Estos estudios han mostrado cambios significativos en los comportamientos reológicos y de falla de los aglutinantes de asfalto causados por el uso de varios modificadores. (Bahia, y otros, 2001)

2.2.6. MODIFICACIÓN CON ACEITE

La lubricación probablemente ha sido conocida por los humanos desde la invención del motor y la rueda. El uso de sustancias de petróleo, grasas animales o aceites vegetales para fines de lubricación desde edades tempranas ha sido bien documentado. El aumento drástico de la demanda de aceite lubricante motivó a las industrias a hacer una revolución en la producción de estos aceites. Hoy en día, debido a las necesidades esenciales de aceites lubricantes en todo el mundo para diversas aplicaciones, numerosas industrias participan en la producción de estos materiales. (Honary, y otros, 2011)

Esta tendencia provoca la sobreproducción de estos materiales y empuja a las industrias a encontrar otros mercados para los aceites. En los últimos años, los aceites se han utilizado en la industria del asfalto para lograr algunas propiedades deseables para los materiales de pavimento. Los investigadores han utilizado una amplia gama de aceites para mejorar el rendimiento del aglutinante, específicamente a baja temperatura de servicio. (Rubab, y otros, 2011)

Las propiedades de los aceites utilizados varían significativamente debido a la variación de la fuente (por ejemplo, industria maderera, refinerías de petróleo, aceites de lubricación de desecho, etc.), composición y técnicas de refinación. Además, el usar aceites como un modificador de asfalto representa una ventaja técnica y puede dar más ventajas desde el punto de vista económico y las preocupaciones ambientales. Por ejemplo, un tipo de

estos modificadores se deriva de aceites usados para automóviles. El aceite de lubricación residual puede ser un problema en un futuro cercano, mientras que millones de personas en todo el mundo poseen y conducen automóviles. Estos diferentes aceites pueden causar problemas y preocupaciones ambientales catastróficas, por lo que es imprescindible recolectarlos para su reutilización o reciclaje. Por lo tanto, el uso de aceite como modificador para aglutinante de asfalto puede ser una buena alternativa económica.

Poniendo en contraste, en la actualidad, se emplean tensoactivos para la producción de mezclas asfálticas, modificando sus características para obtener mejores rendimientos, los cuales pueden llegar a incrementar los costos por encima del 70% de cada galón de ligante asfáltico. Esto dependiendo del proveedor y del lugar de donde se enviará, ya que, por lo general, estos productos provienen de Estados Unidos, lo cual puede elevar su precio en un 20% adicional a lo ya mencionado por costos de importación (Flores Gonzales, y otros, 2019). Al emplear un aceite vegetal producido nacionalmente como el aceite de palma para la modificación de la mezcla asfáltica, se incrementarían los costos en no más del 10% del costo por galón, haciendo muy rentable su uso en la industria vial nacional.

2.2.7. ACEITES VEGETALES

La popularidad de los bioaceites y biocombustibles en los últimos años ha resultado en una inversión significativa de capital público y privado para el desarrollo de aceites de cultivo alternativos no comestibles. Además, la atención prestada a los efectos negativos para la salud de los aceites derivados del petróleo ha revigorizado el desarrollo por parte de las principales compañías de semillas de EE. UU., de variedades especiales de semillas oleaginosas.

La estructura básica de las grasas y aceites es una molécula entre el glicerol y tres ácidos grasos. Dependiendo de la longitud de la cadena de carbono que forma el ácido graso, la grasa resultante puede ser líquida (aceite) o sólida. Dado que el glicerol es capaz de unirse con tres moléculas de ácidos grasos, el resultado conocido como triglicérido se observa en la figura 4.

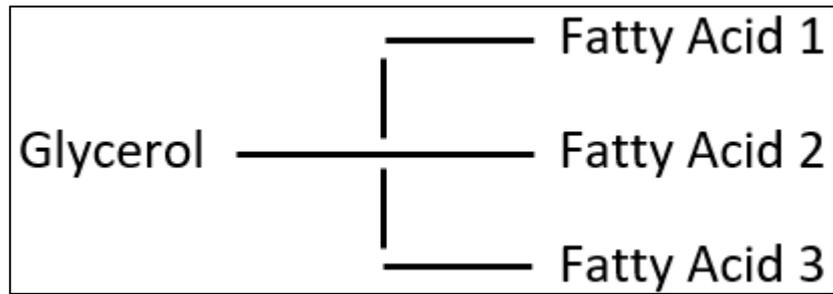


Figura 4. Estructura química del triglicérido. Adaptada de “Tecnología y productos de lubricantes y grasas de base biológica”, por (Honary, y otros, 2011)

Un triglicérido, también llamado triacilglicerol (TAG), es un compuesto químico formado a partir de una molécula de glicerol y tres ácidos grasos. La estructura de la glicerina se muestra en la Figura 5. También los ácidos grasos contienen una cadena de átomos de carbono combinados con hidrógeno (formando hidrocarburos). (Honary, y otros, 2011)

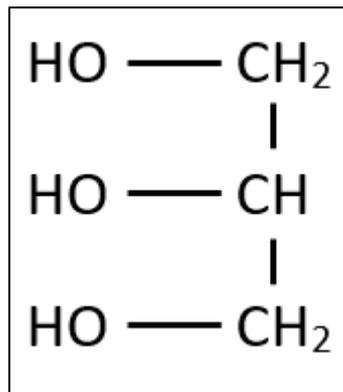


Figura 5. Estructura química de la glicerina. Adaptada de “Tecnología y productos de lubricantes y grasas de base biológica”, por (Honary, y otros, 2011)

Los aceites vegetales cuentan con muchas ventajas y algunas deficiencias cuando se considera su uso en aplicaciones industriales. Lo más importante, a menos que se modifiquen, es que carecen de estabilidad a la oxidación. La estabilidad oxidativa de los aceites vegetales depende de la posición y el grado de insaturación de los ácidos grasos que están unidos a la molécula de glicerol. También debe mencionarse que cuanto más larga es la cadena

de carbono de los ácidos grasos, mayor es la viscosidad y el punto de fusión. Los dobles enlaces dentro de la cadena de carbono disminuyen significativamente la viscosidad y el punto de fusión.

Generalmente, las cadenas más largas tienen una viscosidad más alta y las cadenas más cortas tienen una viscosidad más baja. Las cadenas de carbono de 25 carbonos o más están en el rango de aceites base para aceites lubricantes. Cabe señalar que las cadenas de carbono de menor número tienen mayor inflamabilidad y menor punto de ebullición. (Honary, y otros, 2011)

Como parte de aceites vegetales que puedan ser empleados como modificadores de ligante asfáltico, se presentan algunos materiales afines que puedan llegar a una viscosidad que permita trabajar con los ligantes a más baja temperatura. Donde se presenta las propiedades de "Pour point", que es la temperatura de congelación obtenida; "Cloud point" es el punto de turbidez; y el "Flash point" es punto de ignición que presentan los distintos tipos de materiales.

Tabla 1. Aceites Vegetales más usados y sus propiedades.

	Densidad a 20°C	Viscosidad a 20°C	"Pour point" (°C)	"Cloud point" (°C)	"Flash point" (°C)	Poder calorífico (MJ/kg)
Combustible Diesel	0.836	6	-18	-9	93	43.8
Copra	0.915	30	23/26	28	230	37.1
Palma	0.945	60	23/40	31	280	36.9
Algodón	0.921	73	-2	-1	243	36.8
Tempate	0.920	77	-3	2	236	38.8
Cacahuete	0.914	85	-1	9	258	39.3
Colza	0.920	78	-2	-11	285	37.4
Soja	0.920	61	-4	-4	330	37.3
Girasol	0.925	58	-6	-5	316	37.8

Nota: Tomada de Tecnología y productos de lubricantes y grasas de base biológica.

2.2.8. ACEITE DE PALMA

La palma aceitera, *Elaeis guineensis*, es una palmera de origen africano, cultivada actualmente en diferentes partes del mundo. Para su desarrollo, necesita de altas temperaturas durante todo el año, entre 26°C y 29°C, y por lo menos 5 horas al día de radiación solar, agua constante a través de una precipitación de 2000 y 2500 mm al año, sin épocas secas que duren más de 90 días, y una baja latitud (Hoyle, y otros, 2012). El ciclo productivo de la palma aceitera presenta características particulares. Es un cultivo que, según el transcurso de los años, va generando mayor producción, alcanzando 3 a 8 veces más de aceite por hectárea que cualquier otro cultivo oleaginoso. La palma da sus primeros frutos 3 años después de la siembra y se mantiene produciendo por 25 años, lo que la hace un cultivo sostenible y, además, es un insumo que se utiliza mundialmente para la industria agroalimentaria, productos oleo-químicos y la elaboración de biocombustible.

En el Perú, se cuenta con más de 77 mil hectáreas instaladas para la producción de aceite de palma en 9 provincias distribuidas en las regiones de Loreto, San Martín, Huánuco y Ucayali; y se logra obtener 6 toneladas de aceite por cada hectárea de palma aceitera. En el año 2004, la producción del aceite de palma en el Perú llegó a representar el 2% de la producción mundial y el beneficio de contar con gran cantidad de este insumo a nivel nacional es que se puede obtener fácilmente en todo el Perú. (JUNPALMA, 2016)

Tabla 2. Compendio de las Propiedades del Aceite de Palma.

Propiedad	Valor	Unidades	Condiciones	Ecuación	Características generales
Transporte					
Tensión superficial	30,8	mN/m	T @ 60°C; Para la ecuación, T[K]; ST[mN/m]	ST=52,46-0,0658T	Aceite crudo
	30,9				Desgomado y blanqueado
	30				Refinado, blanqueado y desodorizado
	31,2				Desgomado y neutralizado
	30,9				Desgomado, neutralizado y blanqueado
	31				Neutralizado, blanqueado y desodorizado
Densidad	0,868-0,876	g/ml	ρ [kg/m ³]; 46<=T (°C)<=100	$\rho=-1,236*T+945,14$	Experimental
Viscosidad	0,0136-0,0378	kg/m*s (@343 y 313K)	μ [cP]; 313,15<=T(K)<=373,15	$\ln(\mu)=-8,849*\ln(T)+54,525$	Experimental
Energía y calor					
Calor de combustión (ΔH_{comb})	-8723,7	kcal/mol			Principalmente insaturados
	-7954,1				Principalmente saturados
Calor de vaporización	2,231*10 ⁷	J/kmol			
Calor estándar de formación	-1840000000	J/kmol	Sección insaturada		Determinado por el método de Benson
	-2050000000	J/kmol	Sección saturada		Determinado por el método de Benson
Capacidad calorífica			C_p [J/g*°C]; 25<=T(°C)<=100	$c_p=0,0059*T+1,6172$	Experimental
Poder calorífico	36,95	J/kg			

Conductividad	0,15-0,17	W/m* °C	Conductividad [W/m*° C]; T [°C]	Conductividad= (-5,87061*10 ⁻⁵) T+0,173774	Experimental
Constante dieléctrica	1,75-2,7	εr	Medido con campo eléctrico de baja intensidad		Experimental
Temperatura de auto ignición	316	°C			
Flash Point	162	°C	Sistema cerrado		
Punto de fusión	34-40	°C			
Temperatura de cristalización			T(°C); 57<IV (índice de yodo) <64	Tcrist= (68,193-IV) /0,5934	Experimental
			T(°C); 37<IV (índice de yodo) <45	Tcrist= (51,668-IV) /0,793	
Presión de vapor			P(Pa), T(K)	Ln (Pvap)= 694,0421- 529286,282* (T ^{-1,5})- 118,7950*Ln (T)+0,1756*T	Hallado a partir del modelo de Unifac
Punto normal de ebullición	371	K			
Temperatura crítica	984,98	°C			Determinado por el método de Joback
Presión crítica	2,69	bar			Determinado por el método de Joback

Nota: Tomada de Análisis del potencial de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria. (Rincón M., y otros, 2009)

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS

- **Agrietamiento**

En el campo de la carpeta asfáltica, el agrietamiento es la desintegración del material producto de distintos factores que dependen de las condiciones a las que esté expuesto el material. (Bautista Sanchez, 2012 pág. 23)

- **Ahuellamiento**

Deformaciones (plásticas) permanentes excesivas que generan hundimientos o desplazamientos que se manifiestan en la superficie de rodadura. (Huamán Guerrero, 2012 págs. 25-26)

- **Asfalto**

Material cementante, de color marrón oscuro a negro, constituido principalmente por betunes de origen natural u obtenidos por refinación del petróleo. El asfalto se encuentra en proporciones variables en la mayoría del crudo de petróleo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013 pág. 15)

- **Asfalto Modificado**

Producto de la incorporación de un polímero u otro modificador en el asfalto para mejorar sus propiedades físicas y geológicas como la disminución de la susceptibilidad a la temperatura y a la humedad. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016 pág. 15)

- **Bio- aceites**

Se separaron y fraccionaron tres fuentes diferentes de biomasa (madera de roble, hierba de cambio y rastrojo de maíz) para generar bio-ligante. Los materiales bio- aceites son renovables, respetuosos con el medio ambiente, proporcionan seguridad energética y presentan una gran oportunidad económica para el mundo. (Demirbas, y otros, 2006)

- **Cemento Asfáltico**

Un asfalto, con flujo o sin flujo, especialmente preparado en cuanto a calidad o consistencia para ser usado directamente en la construcción de pavimentos asfálticos. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016 pág. 15)

- **Ensayo Marshall**

Procedimiento para obtener el contenido de asfalto y diferentes parámetros de calidad de una mezcla bituminosa. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016 pág. 15)

- **Filler**

Material proveniente por lo general de la caliza pulverizada, polvos de roca, cal hidratada, cemento Portland y ciertos depósitos naturales de material fino, empleado en la fabricación de mezclas asfálticas en caliente como relleno de vacíos, espesante de la mezcla o como mejorador de adherencia. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016 pág. 15)

- **Fisuras**

Las fisuras se propagan a la superficie, inicialmente, como una serie de fisuras longitudinales paralelas; luego, por efecto de la repetición, evolucionan interconectándose y formando una malla cerrada que asemeja el cuero de un cocodrilo. (Humpiri Pineda, 2015 pág. 56)

- **Grieta**

Fractura en la superficie de rodadura de variados orígenes, con un ancho mayor a 3 milímetros, pudiendo ser en forma transversal o longitudinal al eje de la vía. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016 pág. 15)

- **Pavimento**

Estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir los esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general, está conformada por las siguientes capas: sub-base, base y capa de rodadura. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016 pág. 15)

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. MÉTODOS Y ALCANCE DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. MÉTODO DE INVESTIGACIÓN

Según Tamayo y Tamayo (2003), el método de la investigación científica consiste en un proceso que, mediante la aplicación del método científico, tiene por objetivo descubrir cómo es que se presentan los fenómenos, en específico los que tienen un comportamiento desconocido hasta ahora.

En la presente investigación, se busca caracterizar un nuevo material como modificador del ligante asfáltico; por ello, se aplicará el método científico, con el fin de analizar el comportamiento que presenta en la mezcla asfáltica a distintos porcentajes de adición.

3.1.2. NIVEL

Según lo explica Oseda Gago (2011), el nivel de investigación se refiere a la gradualidad de detalle con el que se toma la estrategia de investigación empleada para estudiar las variables.

En la presente investigación, se plantea la finalidad de establecer una correlación que pueda existir entre los resultados obtenidos de las propiedades físico - mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente a condiciones naturales y la mezcla asfáltica en caliente modificada con aceite vegetal.

3.1.3. TIPO

Según lo detalla Vargas Cordero (2009), el tipo de investigación aplicada persigue una estructura general, debido a que el concepto que se tiene como planteamiento del problema en la investigación es práctico, al consistir en una situación deficitaria que puede ser mejorada.

En la presente investigación, se busca resolver la problemática de la pérdida en las propiedades resistentes, deformables y adhesivas de la mezcla asfáltica en caliente ante la pérdida de temperatura producto de transportes prolongados en climas fríos.

Al final, se llegará a determinar la influencia y el porcentaje específico de adición de aceite de palma para mitigar el daño que presenta la problemática descrita; de esta manera, se aplica una metodología práctica que responderá a la mejora de estas propiedades ante el diferencial de temperatura al que se someterá a cada muestra.

3.2. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Según lo especifica Bernal Torres (2010), el diseño de investigación de la investigación experimental se manifiesta por el arquetipo de investigación que se pretende realizar, al igual que las hipótesis que se proponen para el desarrollo de la investigación.

La presente investigación requiere realizar un análisis minucioso de los fenómenos que ocurren al alterar la mezcla asfáltica convencional, por lo cual es necesario realizar ensayos de laboratorio donde las condiciones permitan mantener bajo control las variables a estudiar; es por ello que en esta investigación se aplicará el diseño experimental.

3.3. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.3.1. POBLACIÓN

Según lo detalla Oseda Gago (2011), la población es el conjunto de las muestras que se pretende estudiar para llegar a los resultados propuestos.

Por lo que la población para esta investigación está conformada por la red vial asfáltica de Huancayo.

3.3.2. MUESTRA

Según lo explica Ñaupas Paitan, y otros (2014), la muestra tiene que ser seleccionada teniendo en cuenta qué es lo que se busca analizar en la investigación, es decir, los especímenes que reflejan el fenómeno a estudiar. Para esta investigación, se pretende realizar al menos 90 briquetas de mezcla asfáltica en caliente que representen características semejantes a las encontradas en las redes viales de la región de Huancayo.

3.3.3. MUESTREO

Según lo explica Ñaupas Paitan, y otros (2014), existen varios métodos basados en realizar un cálculo de las probabilidades, que son las técnicas probabilísticas; y los que en los especímenes no se puede saber el nivel de confiabilidad, que son los métodos no probabilísticos. Ya que se prefiere el espécimen que da prioridad a razones de comodidad, y según el criterio de análisis, el método que se utilizará en la presente investigación es el no probabilístico.

3.4. TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica de recolección de datos que se pretende emplear en la presente investigación será por observación directa y de esta manera analizar los resultados obtenidos de los ensayos según la normativa pertinente para los ensayos de adherencia y el ensayo de la metodología Marshall de la MTC E 504.

3.5. INSTRUMENTO DE ANÁLISIS DE DATOS

El instrumento con el que se analizarán los datos obtenidos para la presente investigación serán las fichas de recolección de datos planteadas para cada uno de los ensayos proyectados que determinan los porcentajes de adherencia, las resistencias obtenidas, la deformación presentada y otras

propiedades mecánicas. Todas estas fichas de recolección de datos serán reflejadas en certificados de laboratorio.

3.6. VARIABLES

3.6.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- Aceite de Palma

3.6.2. VARIABLES DEPENDIENTES

- Propiedades mecánicas
- Propiedades físicas

3.7. OPERACIONALIZACIÓN

Tabla 3. Operacionalización de la variable

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala
ACEITE DE PALMA	Es un aceite de origen vegetal que se obtiene específicamente del mesocarpio de la fruta de la palma.	La estructura básica de las grasas y aceites es una molécula entre el glicerol y tres ácidos grasos.	ACEITE VEGETAL AL 1.00%	Ensayo de Muestreo MTC E 201	Ficha recolección de datos	Razón
				Ensayo de la metodología Marshall MTC E 504		
				Adherencia en bandeja MTC E 520		
			ACEITE VEGETAL AL 2.00%	Ensayo de Muestreo MTC E 201		
				Ensayo de la metodología Marshall MTC E 504		
				Adherencia en bandeja MTC E 520		
			ACEITE VEGETAL AL 3.00%	Ensayo de Muestreo MTC E 201		
				Ensayo de la metodología Marshall MTC E 504		
				Adherencia en bandeja MTC E 520		
PROPIEDADES MECÁNICAS	Propiedades de los materiales son las que se ponen en manifiesto ante estímulos que comprometan sus condiciones originales o cuando se aplica una fuerza al material a estudiar.	Representa la resistencia, deformación, adherencia, cohesión, entre otras propiedades que determinan las características del material a estudiar.	ESTABILIDAD	Ensayo de granulometría MTC E 204	Ficha recolección de datos	Razón
				Diseño Marshall por G. MAC		
				Ensayo de la metodología Marshall MTC E 504		
			FLUJO	Ensayo de granulometría MTC E 204		
				Diseño Marshall por G. MAC		
				Ensayo de la metodología Marshall MTC E 504		
PROPIEDADES FÍSICAS		ADHERENCIA	Muestreo MTC E 201			
			Adherencia MTC E 515			
			Adherencia en bandeja MTC E 520			

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. DESCRIPCIÓN DEL EFECTO DE MODIFICACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA

Mediante procesos de ensayos iniciales en laboratorio, se puede decir que la modificación con la adición del aceite de palma tiene un efecto suavizante sobre el ligante asfáltico y, por lo tanto, se puede decir que existe un aumento evidente de la trabajabilidad en la mezcla asfáltica. Según los antecedentes estudiados, se tiene información de que el aceite de palma, al ser un aceite vegetal, influye directamente sobre la mezcla asfáltica. Sin embargo, faltan conocimientos detallados para una comprensión de los mecanismos del efecto del aceite de palma sobre el aglomerante asfáltico en relación con sus propiedades mecánicas y físicas. En este capítulo, los conglomerantes limpios y modificados con aceite de palma se evaluaron independientemente, realizando distintas pruebas de estabilidad, deformación y adherencia a diferentes temperaturas para abordar las deficiencias mencionadas ante pérdida de temperatura por tiempos de transporte prolongados.

Por ello, en orden de análisis, se trabajó bajo un procedimiento donde se detalla el comportamiento de la mezcla asfáltica en sus propiedades de diseño limpias y sin modificar, luego se especifica la variación que sufren, a medida que se adiciona a distintos porcentajes el aceite de palma.

El proceso de variación de temperatura se detalla bajo los siguientes conceptos: primero se proyecta el valor de temperatura mínima trabajable del ligante asfáltico a emplear, con lo que se obtiene una temperatura promedio de 70°C como mínima temperatura que se analizó para comprobar sus propiedades mecánicas. Para la

temperatura máxima, se tomó en consideración que, ante la problemática estudiada, la solución empírica que se toma en obra es llevar la temperatura de mezcla a valores por encima de lo recomendado, pretendiendo que llegue a la temperatura de compactado calculada al tramo en ejecución, con lo cual se opta por estudiar las propiedades mecánicas y físicas a la temperatura crítica más alta posible (antes de que se comience a quemar la mezcla asfáltica), por ello se tiene que la temperatura de 210°C en promedio permite trabajar el ligante asfáltico sin que desprenda un alto nivel de gases tóxicos peligrosos.

4.2. ESTUDIOS PREVIOS

4.2.1. ESTUDIOS DE CAMPO

Conforme a lo proyectado, es necesario contar con los materiales precisos para realizar los ensayos. Según la metodología de diseño de mezcla Marshall, se recomienda utilizar arena zarandeada, arena chancada y piedra de ½" para una mezcla según la gradación granulométrica de MAC -2. Los agregados para emplear no se encuentran naturalmente, por lo que es necesario contar con una cantera que triture los agregados mediante una planta chancadora y, de esta manera, obtener un material con los tamaños máximos nominales requeridos.

La fuente de agregados seleccionada para realizar los ensayos de laboratorio es la cantera Chupuro, ya que cumple con los requerimientos para la utilización de materiales según la normativa MTC E 201, donde se establece los procedimientos para el muestreo del agregado grueso y fino.

Según la medida de muestras para agregados, se requiere una masa mínima aproximada para la toma de muestras en campo, especificado en un peso mínimo de 10 kilogramos para agregados finos y 15 kilogramos para un tamaño máximo nominal de 12.5 mm. Pero, debido al volumen de ensayos y de briquetas que se pretende realizar, se tomó 100 kilogramos de cada material para la elaboración de los ensayos en laboratorio. Además de que las masas de las muestras de campo que se citan son tentativas, por lo cual las masas tienen que ser previstas de acuerdo con el tipo y la cantidad de

ensayos que se realizarán y a los cuales los agregados van a estar sujetos para, de esta forma, obtener material suficiente para la ejecución de los ensayos de la metodología de Marshall y ensayo de adherencia. En la figura 6, se muestra la planta chancadora de Chupuro, de donde se extrajo el material según las especificaciones del MTC E 201.



Figura 6. Planta chancadora de Chupuro. Toma propia, 2020.

Para la selección y el transporte del material, se tomó en consideración el procedimiento recomendado por la normativa MTC E 201, donde se utilizó un contenedor de plástico cerrado que previene las pérdidas de material o la contaminación.

4.2.2. ESTUDIOS DE LABORATORIO

Los estudios de laboratorio que se contemplan en este apartado son básicos para la elaboración del diseño de mezcla, especificados con las consideraciones iniciales para comenzar con la recolección de los resultados obtenidos por cada ensayo.

Según lo especificado en las disposiciones generales del manual de ensayos del MTC, se selecciona el tipo de ligante asfáltico de acuerdo con la temperatura media anual. La temperatura media anual de Huancayo se encuentra en el rango (15°C – 5°C), de manera que se seleccionó el ligante asfáltico de clasificación PEN 85-100 para la elaboración de todos y cada uno de los ensayos comprometidos dentro de esta investigación.

Además del valor de penetración por décimas de milímetro (PEN), se requiere conocer la viscosidad del ligante asfáltico para la temperatura de compactación de las briquetas que se ensayarán con la finalidad de obtener el óptimo contenido de ligante asfáltico.

Las especificaciones, características y valores tanto de viscosidad como de otras propiedades que se necesitan conocer para el desarrollo de la experimentación se adjuntan en el Anexo 3.

Según lo especificado en el MTC E 204, el análisis granulométrico se aplica para determinar la gradación de los agregados propuestos para su uso en el diseño de mezcla asfáltica por el MAC – 02; por lo tanto, se debe determinar el porcentaje de material pasante por cada malla y realizar una combinación de agregados que se encuentre dentro de los rangos establecidos del MAC - 02. Este análisis se realiza individualmente, en primera instancia, para los materiales de:

- Agregado grueso de 1/2" proveniente de la cantera Chupuro.
- Agregado fino zarandeado proveniente de la cantera Chupuro.
- Agregado fino procesado proveniente de la cantera Chupuro.

4.3. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación, se presenta los resultados obtenidos en laboratorio de manera detallada de acuerdo con el orden planificado, la base de datos obtenida a partir de la caracterización granulométrica, diseño y valores de resistencia, estabilidad y flujo que varían ante el diferencial de temperatura ensayado. Con la finalidad de conocer la influencia del aceite de palma sobre la mezcla asfáltica en caliente y de establecer un óptimo porcentaje de éste

en la modificación del ligante asfáltico, se correlacionará los datos ante la variación de temperatura validando los resultados obtenidos mediante un análisis estadístico por correlación bivariado.

4.3.1. OE 1 – PROPIEDADES DEL DISEÑO DE MEZCLA INICIAL

Para llegar a los objetivos planteados, como primer paso, es necesario conocer las propiedades base del diseño de mezcla asfáltica inicial, sin modificar, para conocer su comportamiento normal ante la variación de la temperatura de compactación y posteriormente buscar mejorar estas características con la adición de aceite de palma.

Es importante tener en cuenta que el aceite de palma es empleado como modificador del ligante asfáltico PEN 85-100, de forma que no existe un contacto directo entre el agregado y el aceite de palma que puedan generar reacciones adversas a las contempladas en el análisis en conjunto de la mezcla asfáltica en caliente; además, la relación entre las cantidades del aceite de palma con el agregado son bastante distantes, por ende, se da paso a un análisis general de las propiedades mecánicas y físicas.

Entonces, a continuación, se redacta en orden los distintos ensayos realizados, hasta llegar a la obtención de los valores de resistencia, deformación y adherencia del diseño de mezcla propuesto.

- **MTC E 204 – ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

El análisis granulométrico es fundamental para la elaboración de una mezcla de agregados que cumpla con las especificaciones de los rangos propuestos por la gradación granulométrica del MAC – 02. Por ello, se toman los pesos de los materiales retenidos en cada una de las mallas mostradas.

Lo obtenido en el ensayo del MTC E 204 son pesos retenidos en cada malla empleada, como se muestra en la tabla 2, y representan un porcentaje de retenido en relación con el peso total del material empleado para el ensayo de 1500 gramos para agregado fino zarandeado proveniente de la cantera

Chupuro. A partir de este porcentaje, se obtiene un porcentaje de material retenido parcial en cada malla para que, finalmente, se logre obtener el porcentaje de material pasante que se requiere para la combinación de agregados.

Tabla 4. *Granulometría Chupuro – Arena Zarandeada*

Malla		Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulado	% Pasante
Tamiz	mm				
Tm - 3"	76.200				
Tm - 2 1/2"	63.550				
Tm - 2"	50.800				
Tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°4	4.750	332.50	22.17	22.17	77.83
Tm - N°8	2.550	203.80	13.59	35.75	64.25
Tm - N°10	2.000	85.90	5.73	41.48	58.52
Tm - N°16	1.185	146.80	9.79	51.27	48.73
Tm - N°30	0.600	268.70	17.91	69.18	30.82
Tm - N°40	0.425	145.20	9.68	78.86	21.14
Tm - N°50	0.295	112.70	7.51	86.37	13.63
Tm - N°80	0.175	61.10	4.07	90.45	9.55
Tm - N°100	0.148	58.40	3.89	94.34	5.66
Tm - N°200	0.072	50.90	3.39	97.73	2.27
< Tm - N°200		34.00	2.27	100.00	0.00
TOTAL DE MUESTRA		1500.00	gr		

De acuerdo a los valores de porcentajes de material pasante que se obtuvieron en la tabla 2, en la figura 7 se tiene la curva granulométrica gráfica del agregado fino zarandeado proveniente de la cantera Chupuro. Estos valores de material pasante para agregado fino cuentan con muy poco

porcentaje a partir de la malla N°80, esto indica que este agregado puede ser que no llegue al porcentaje mínimo en los rangos propuestos por el MAC – 02, lo cual tendrá que ser compensado con filler para cumplir con los rangos granulométricos.

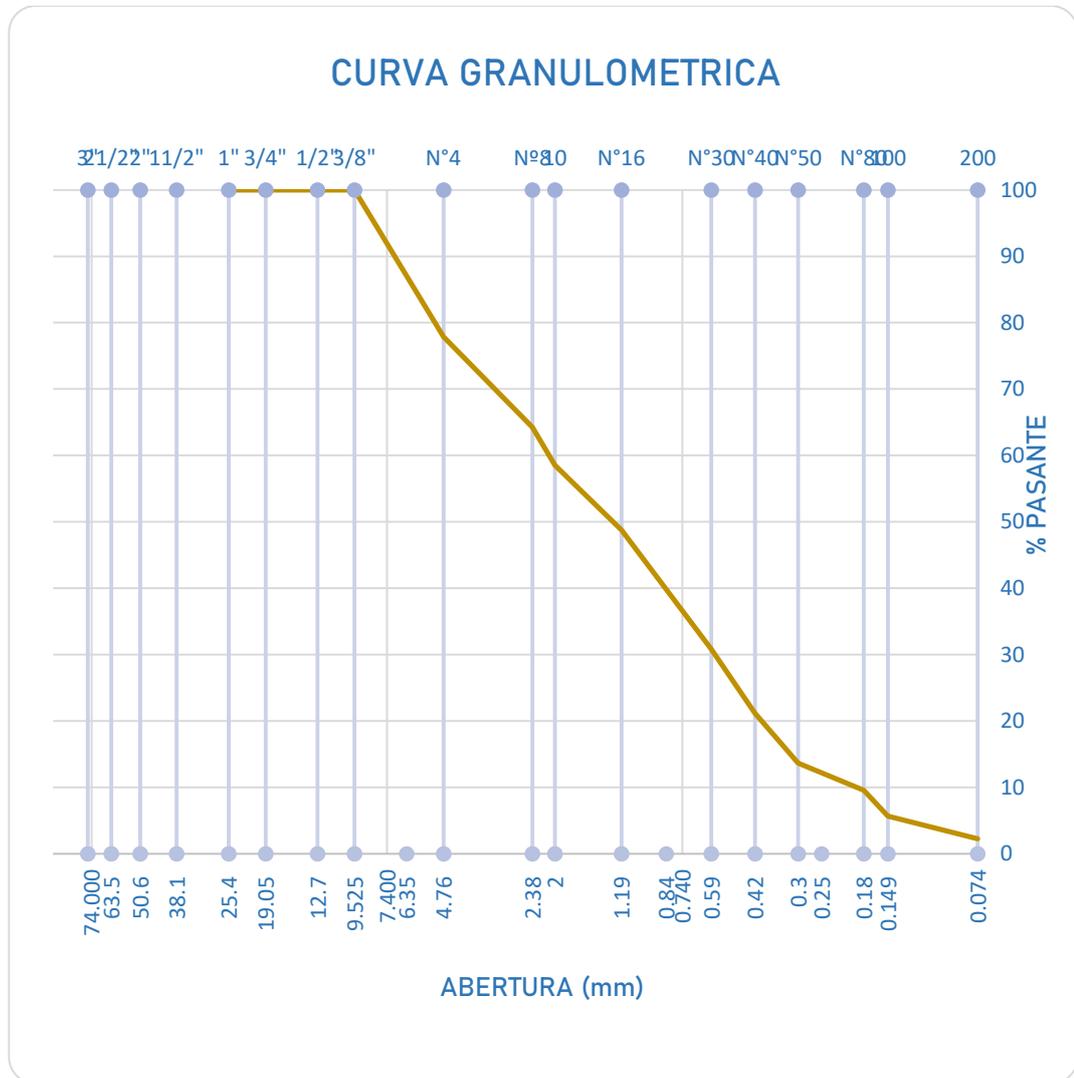


Figura 7. Curva Granulométrica – Arena Zarandeada

Según lo obtenido mediante el ensayo del MTC E 204, los pesos retenidos en cada malla empleada, como se muestra en la tabla 3, representan un porcentaje retenido en relación con el peso total del material empleado para el ensayo de 1500 gramos para agregado fino procesado proveniente de la cantera Chupuro. A partir de este porcentaje, se obtiene un porcentaje de

material retenido parcial en cada malla para que, finalmente, se pueda obtener el porcentaje de material pasante que se requiere para la combinación de agregados.

Tabla 5. *Granulometría Chupuro – Arena Procesada*

Malla		Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulado	% Pasante
Tamiz	mm				
Tm - 3"	76.200				
Tm - 2 1/2"	63.550				
Tm - 2"	50.800				
Tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - N°4	4.750	281.50	18.77	18.77	81.23
Tm - N°8	2.550	269.30	17.95	36.72	63.28
Tm - N°10	2.000	103.80	6.92	43.64	56.36
Tm - N°16	1.185	196.30	13.09	56.73	43.27
Tm - N°30	0.600	187.90	12.53	69.25	30.75
Tm - N°40	0.425	79.70	5.31	74.57	25.43
Tm - N°50	0.295	52.20	3.48	78.05	21.95
Tm - N°80	0.175	166.50	11.10	89.15	10.85
Tm - N°100	0.148	77.90	5.19	94.34	5.66
Tm - N°200	0.072	40.50	2.70	97.04	2.96
< Tm - N°200		44.40	2.96	100.00	0.00
TOTAL DE MUESTRA		1500.00	gr		

De acuerdo a los valores de porcentajes de material pasante que se obtuvieron en la tabla 3, en la figura 8 se tiene la curva granulométrica gráfica del agregado fino procesado proveniente de la cantera Chupuro. Estos valores de material pasante para agregado fino cuentan con muy poco porcentaje a partir de la malla N°80 y ligeramente superior a la arena

zarandeada, lo cual indica que dentro de la combinación de agregado fino pueda ser que no llegue al porcentaje mínimo en los rangos propuestos por el MAC – 02, lo cual tendrá que ser compensado con filler para cumplir con los rangos granulométricos.

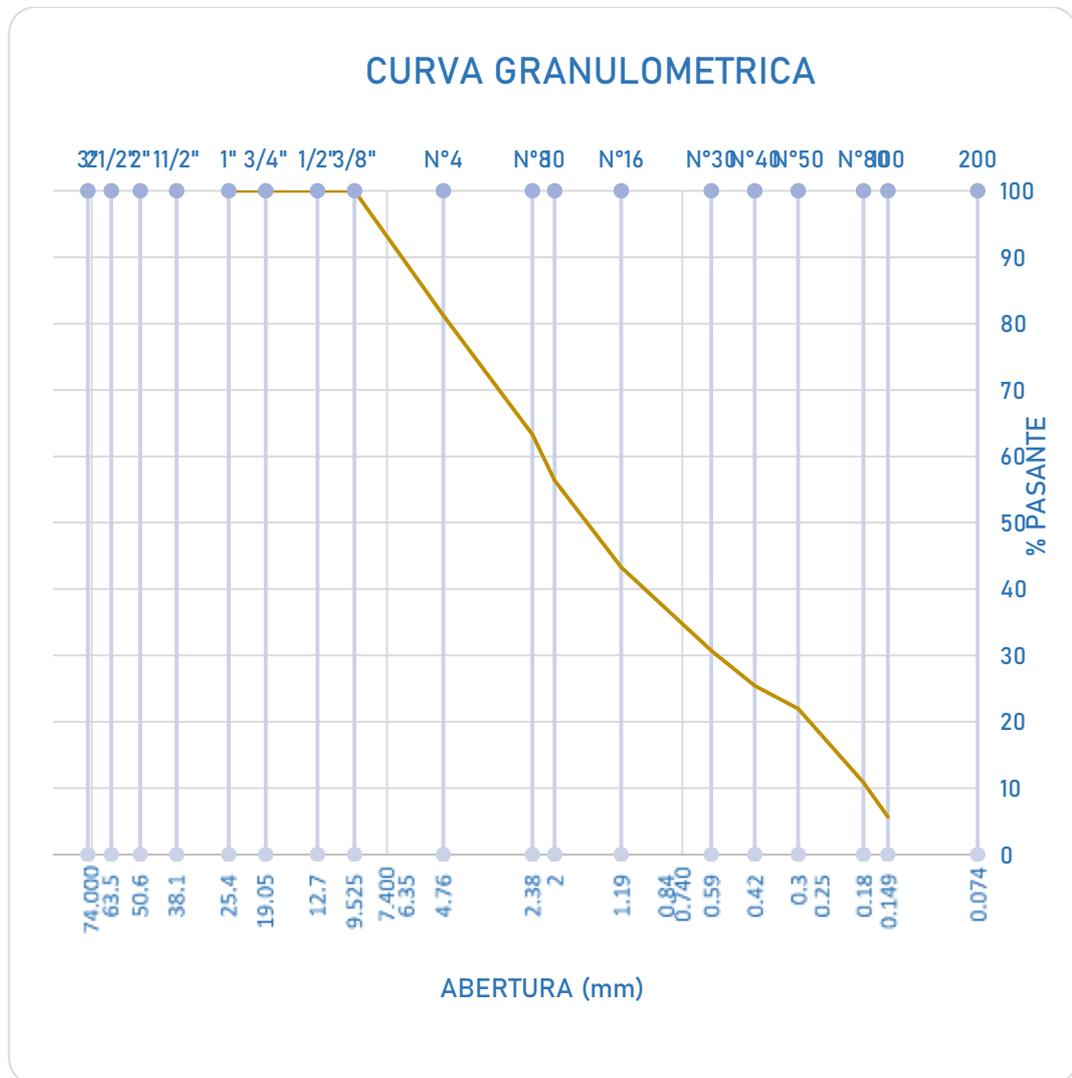


Figura 8. Curva Granulométrica – Arena Procesada

Según lo obtenido mediante el ensayo del MTC E 204, los pesos retenidos en cada malla empleada, como se muestra en la tabla 4, representan un porcentaje retenido en relación con el peso total del material empleado para el ensayo de 3000 gramos para agregado grueso de 1/2" proveniente de la cantera Chupuro. A partir de este porcentaje, se obtiene un porcentaje de

material retenido parcial en cada malla para que, finalmente, se pueda obtener el porcentaje de material pasante que se requiere para la combinación de agregados.

Tabla 6. *Granulometría Chupuro – Agregado de ½"*

Malla		Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumulado	% Pasante
Tamiz	mm				
Tm - 3"	76.200				
Tm - 2 1/2"	63.550				
Tm - 2"	50.800				
Tm - 1 1/2"	38.110	0.00	0.00	0.00	0.00
Tm - 1"	25.405	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 3/4"	19.055	0.00	0.00	0.00	100.00
Tm - 1/2"	12.700	1088.40	36.28	36.28	63.72
Tm - 3/8"	9.525	1216.70	40.56	76.84	23.16
Tm - N°4	4.750	645.50	21.52	98.35	1.65
Tm - N°8	2.550	29.80	0.99	99.35	0.65
Tm - N°10	2.000	0.40	0.01	99.36	0.64
Tm - N°16	1.185	0.40	0.01	99.37	0.63
Tm - N°30	0.600	0.60	0.02	99.39	0.61
Tm - N°40	0.425	0.60	0.02	99.41	0.59
Tm - N°50	0.295	0.80	0.03	99.44	0.56
Tm - N°80	0.175	1.90	0.06	99.50	0.50
Tm - N°100	0.148	1.60	0.05	99.56	0.44
Tm - N°200	0.072	4.40	0.15	99.70	0.30
< Tm - N°200		8.90	0.30	100.00	0.00
TOTAL DE MUESTRA		3000.00	gr		

De acuerdo con los valores de porcentajes de material pasante que se obtuvieron en la tabla 4, en la figura 9 se tiene la curva granulométrica gráfica del agregado grueso proveniente de la cantera Chupuro, el cual cumple con el tamaño máximo nominal para agregado de ½" y debe agregarse en un porcentaje óptimo para cumplir con la gradación granulométrica propuesta por el MAC – 02 en la metodología de diseño Marshall.

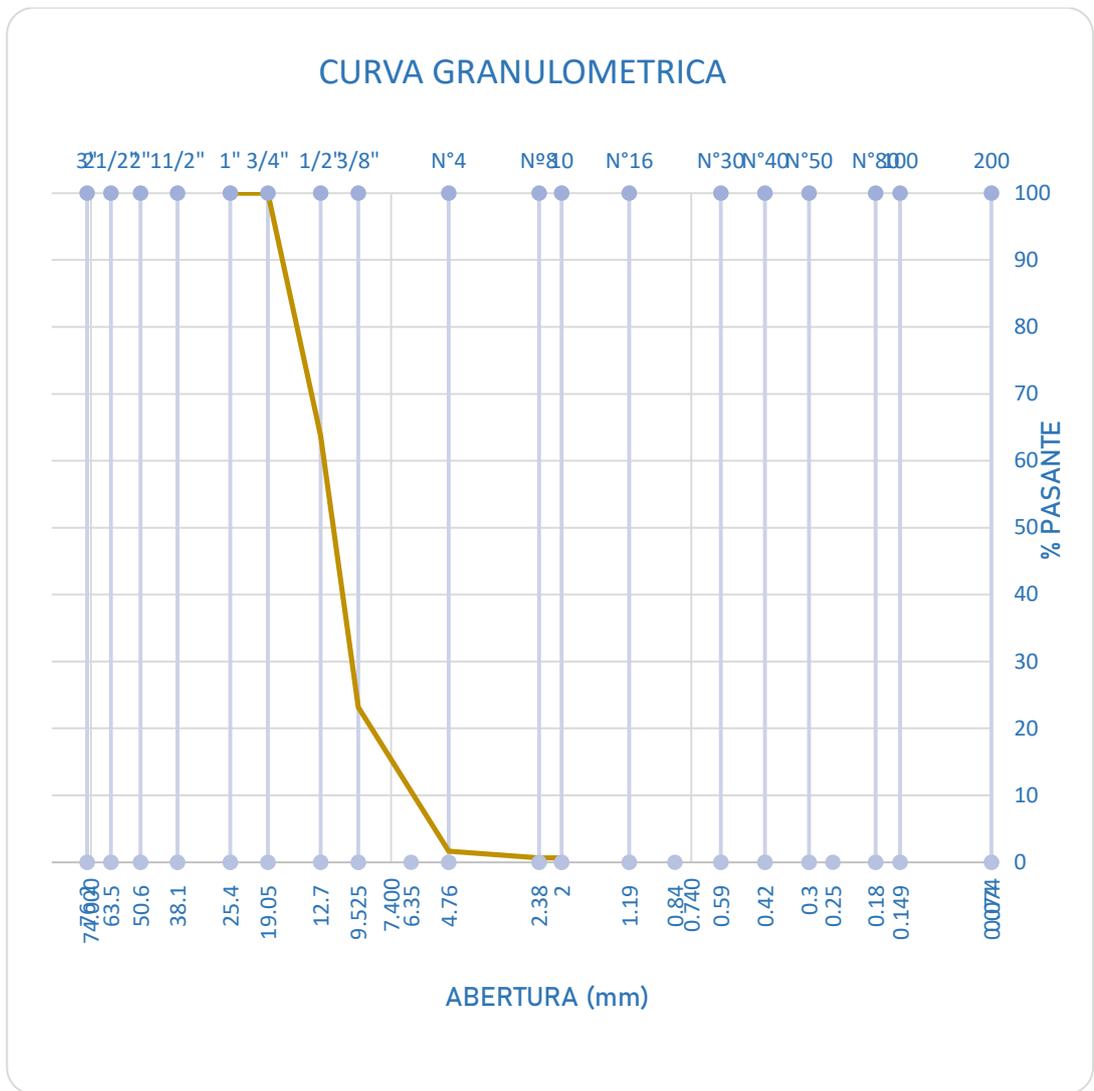


Figura 9. Curva Granulométrica – Agregado 1/2"

- **MTC E 504 – MEZCLA DE AGREGADOS**

La mezcla de agregados tiene como finalidad asignar un porcentaje de adición a cada uno de los materiales a emplear, en este caso las arenas y gravas, y de esta manera generar una combinación que se encuentre dentro de los rangos especificados por el MAC – 02. En la tabla 5, se puede observar que se asignó un porcentaje de 30% para el agregado de ½”, un 25% para la arena zarandeada y un 42% para la arena procesada. Estos porcentajes servirán para la elaboración de los especímenes y la obtención del óptimo contenido del ligante asfáltico que es la finalidad de la metodología del ensayo Marshall.

Tabla 7. Mezcla de Agregados - Marshall

Malla		% Pasantes					Especificaciones		
Tamiz	mm	PIEDRAS		ARENAS			MEZCLA	MAC - 2	Tamaño
Agregados		Piedra 3/4"	Piedra 1/2"	Arena Natural	Arena Procesada	Filler		MTC	máximo
Proporciones		3/4"	1/2"	NATURAL	PROCESADA	FINO	100%		Curva Ideal
		0%	30%	25%	42%	3.00%			
MII - 1"	25.405	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.0	100 - 100	100
MII - 3/4"	19.055	0.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.0	100 - 100	100
MII - 1/2"	12.700	0.00	63.72	100.00	100.00	100.00	89.1	80 - 100	90
MII - 3/8"	9.525	0.00	23.16	100.00	100.00	100.00	76.9	70 - 88	79
MII - N°4	4.750	0.00	1.65	77.83	81.23	100.00	57.1	51 - 68	60
MII - N°8	2.550	0.00	0.65	64.25	63.28	100.00	45.8		
MII - N°10	2.000	0.00	0.64	58.52	56.36	100.00	41.5	38 - 52	45
MII - N°16	1.185	0.00	0.63	48.73	43.27	100.00	33.5		
MII - N°30	0.600	0.00	0.61	30.82	30.75	100.00	23.8		
MII - N°40	0.425	0.00	0.59	21.14	25.43	100.00	19.1	17 - 28	23
MII - N°50	0.295	0.00	0.56	13.63	21.95	100.00	15.8		
MII - N°80	0.175	0.00	0.50	9.55	10.85	100.00	10.1	8 - 17	13
MII - N°100	0.148	0.00	0.44	5.66	5.66	100.00	6.9		
MII - N°200	0.072	0.00	0.30	2.27	2.96	100.00	4.9	4 - 8	6
< MII - N°200		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0		

En la figura 10, se presenta la curva granulométrica gráfica con los márgenes establecidos por el MAC – 02. Se puede observar que los márgenes superiores e inferiores son los que marcan los rangos máximos y mínimos permisibles, la línea punteada intermedia es el promedio de ambos límites que representa la curva ideal en la mezcla de agregados; además, se tiene también la línea roja que representa la combinación de agregados resultante según los porcentajes especificados en la tabla 5, cumpliendo de esta manera con los parámetros. Ahora se puede analizar el óptimo contenido de ligante asfáltico para el diseño de mezcla asfáltica.

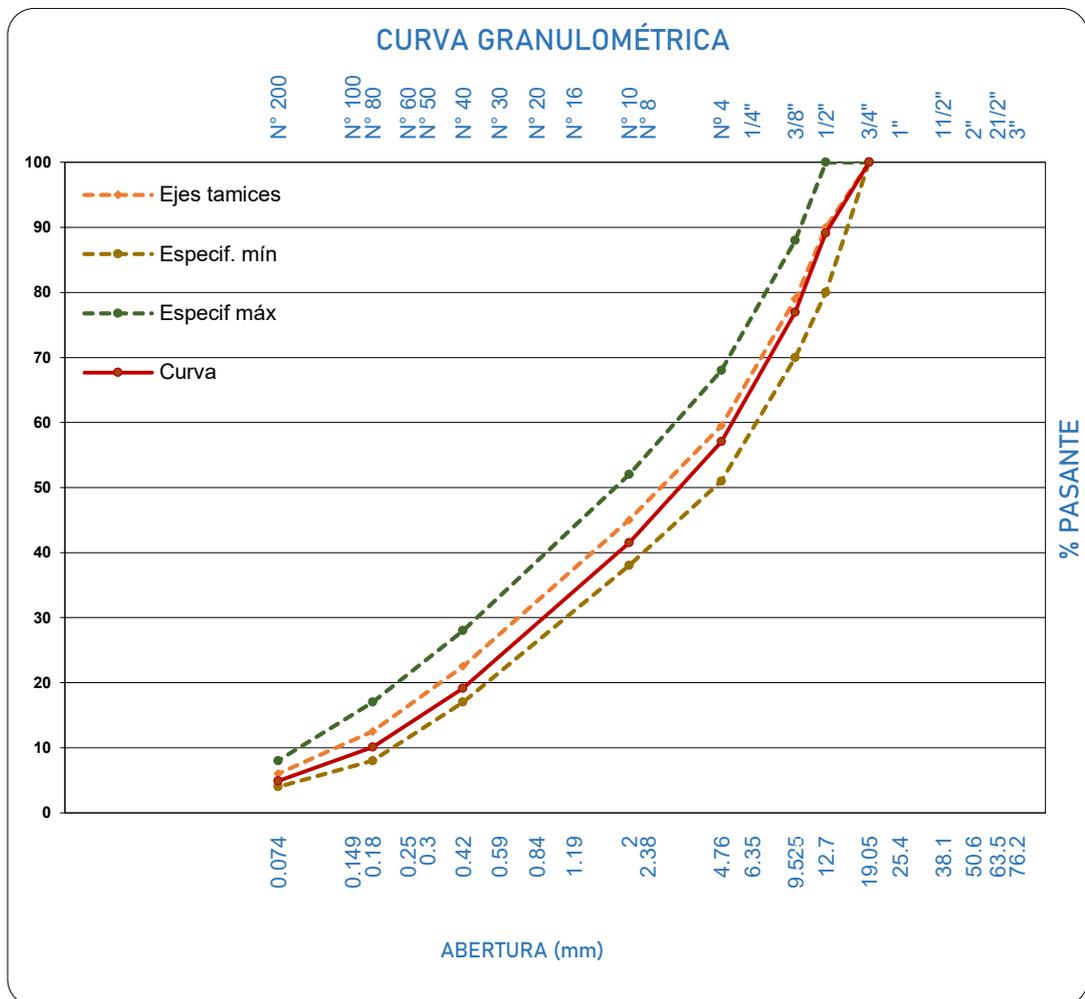


Figura 10. Curva Granulométrica – Mezcla de agregados MAC 2

- MTC E 504 – ÓPTIMO CONTENIDO DEL LIGANTE ASFÁLTICO**

Para la obtención del óptimo contenido del ligante asfáltico, se requiere una elaboración de especímenes con distintos porcentajes de ligante asfáltico como se ve en la tabla 6, donde se analizarán sus propiedades para la elección del porcentaje óptimo.

Tabla 8. Pesos por cada porcentaje de asfalto

% Ligante Asfáltico	4.0%	4.5%	5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
TAMIZ	FILLER - PESO ACUMULADO (gr)					
Tm - 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tm - 3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tm - N°4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tm - N°10	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
< N°10	36.0	35.8	35.6	35.4	35.3	35.1
SUB-TOTAL	36.0	35.8	35.6	35.4	35.3	35.1
TAMIZ	ARENA PROCESADA - PESO ACUMULADO (gr)					
Tm - 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tm - 3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tm - N°4	94.6	94.1	93.6	93.1	92.6	92.1
Tm - N°10	125.4	124.7	124.1	123.4	122.7	122.1
< N°10	284.1	282.6	281.1	279.6	278.1	276.7
SUB-TOTAL	504.0	501.4	498.8	496.1	493.5	490.9
TAMIZ	ARENA NATURAL - PESO ACUMULADO (gr)					
Tm - 1/2"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tm - 3/8"	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Tm - N°4	66.5	66.2	65.8	65.5	65.1	64.8
Tm - N°10	57.9	57.6	57.3	57.0	56.7	56.4
< N°10	175.6	174.6	173.7	172.8	171.9	171.0
SUB-TOTAL	300.0	298.4	296.9	295.3	293.8	292.2
TAMIZ	PIEDRA 1/2" - PESO ACUMULADO (gr)					
Tm - 1/2"	130.6	129.9	129.2	128.6	127.9	127.2
Tm - 3/8"	146.0	145.2	144.5	143.7	143.0	142.2
Tm - N°4	77.5	77.1	76.7	76.2	75.8	75.4
Tm - N°10	3.6	3.6	3.5	3.5	3.5	3.5
< N°10	2.4	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
SUB-TOTAL	360.0	358.1	356.3	354.4	352.5	350.6
TOTAL DE AGREG. (gr)	1200.0	1193.8	1187.5	1181.3	1175.0	1168.8
PEN 85-100	50.0	56.3	62.5	68.8	75.0	81.3

TOTAL (gr)	1250.0	1250.0	1250.0	1250.0	1250.0	1250.0
------------	--------	--------	--------	--------	--------	--------

Luego de haber realizado distintos ensayos a los especímenes, se obtuvieron los resultados por cada uno, obteniendo su resistencia, deformación, peso seco, peso saturado y su peso superficialmente seco, como se observa en la tabla 7, se detallan las características y se calculan las propiedades para analizar las tres muestras para el porcentaje de 4.0% de ligante asfáltico.

Tabla 9. Características y propiedades para un 4.0% de ligante asfáltico

	BRIQUETAS	Nº	1º	2º	3º
1	Cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	4.00	4.00	4.00
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	41.28	41.28	41.28
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	54.72	54.72	54.72
4	Filler en peso de la mezcla	%			
5	Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cm ³	1.020	1.020	1.020
6	Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cm ³	2.884	2.884	2.884
7	Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cm ³	2.870	2.870	2.870
8	Peso específico del filler - aparente	gr/cm ³			
9	Peso de la briqueleta seca	gr	1250.2	1247.2	1250.4
10	Peso de la briqueleta saturada superficialmente seca	gr	1255.8	1251.3	1257.3
11	Peso de la briqueleta sumergida	gr	761.3	767.0	760.2
12	Volumen de briqueleta + parafina	cm ³	494.5	484.3	497.1
13	Peso específico Bulk de la briqueleta	gr/cm ³	2.528	2.575	2.515
14	Peso específico máximo (MTC E-508 ASTM D-2041)	gr/cm ³	2.681	2.681	2.681
15	Vacíos (MTC E-505)	%	5.7	3.9	6.2
16	Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm ³	2.876	2.876	2.876
17	V.M.A.	%	15.6	14.0	16.0
18	Vacíos llenos con cemento asfáltico	%	63.5	71.9	61.5
19	Peso específico del agregado total	gr/cm ³	2.876	2.876	2.876
20	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	0.002	0.002	0.002
21	Cemento asfáltico efectivo	%	4.00	4.00	4.00
22	Flujo	mm	1.79	1.66	1.74
23	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	kg	1118.7	1019.3	1125.6
25	Factor de estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		1.00	1.00	1.00
26	Estabilidad corregida	kg	1119	1019	1126
27	Estabilidad - Flujo	kg/cm	6250	6140	6469
28	Compactación, número de golpes por cara		75 golp.		

A continuación, se presentan los resultados del ensayo de cada espécimen que se obtienen por cada procedimiento en laboratorio, obteniendo su resistencia, deformación, peso seco, peso saturado y su peso superficialmente seco. Como se observa en la tabla 8, se detallan las características y se calculan las propiedades para analizar las tres muestras para el porcentaje de 4.5% de ligante asfáltico.

Tabla 10. Características y propiedades para un 4.5% de ligante asfáltico

	BRIQUETAS	Nº	1°	2°	3°
1	Cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	4.50	4.50	4.50
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	41.07	41.07	41.07
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	54.44	54.44	54.44
4	Filler en peso de la mezcla	%			
5	Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cm ³	1.020	1.020	1.020
6	Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cm ³	2.884	2.884	2.884
7	Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cm ³	2.870	2.870	2.870
8	Peso específico del filler - aparente	gr/cm ³			
9	Peso de la briqueta seca	gr	1248.6	1247.2	1246.7
10	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca	gr	1252.0	1249.7	1250.3
11	Peso de la briqueta sumergida	gr	759.3	757.2	769.8
12	Volumen de briqueta + parafina	cm ³	492.7	492.5	480.5
13	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cm ³	2.534	2.532	2.595
14	Peso específico máximo (MTC E-508 ASTM D-2041)	gr/cm ³	2.660	2.660	2.660
15	Vacíos (MTC E-505)	%	4.7	4.8	2.5
16	Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm ³	2.876	2.876	2.876
17	V.M.A.	%	15.8	15.9	13.8
18	Vacíos llenos con cemento asfáltico	%	70.2	69.8	82.2
19	Peso específico del agregado total	gr/cm ³	2.878	2.878	2.878
20	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	0.025	0.025	0.025
21	Cemento asfáltico efectivo	%	4.48	4.48	4.48
22	Flujo	mm	2.44	2.41	2.50
23	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	kg	1315.1	1340.9	1300.4
25	Factor de estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		1.00	1.00	1.00
26	Estabilidad corregida	kg	1315	1341	1300
27	Estabilidad - Flujo	kg/cm	5390	5564	5202
28	Compactación, número de golpes por cara		75 golp.		

A continuación, se presentan los resultados del ensayo de cada espécimen que se obtienen por cada procedimiento en laboratorio, obteniendo su resistencia, deformación, peso seco, peso saturado y su peso superficialmente seco. Como se observa en la tabla 9, se detallan las características y se calculan las propiedades para analizar las tres muestras para el porcentaje de 5.0% de ligante asfáltico.

Tabla 11. *Características y propiedades para un 5.0% de ligante asfáltico*

	BRIQUETAS	Nº	1°	2°	3°
1	Cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.00	5.00	5.00
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	40.85	40.85	40.85
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	54.15	54.15	54.15
4	Filler en peso de la mezcla	%			
5	Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cm ³	1.020	1.020	1.020
6	Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cm ³	2.884	2.884	2.884
7	Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cm ³	2.870	2.870	2.870
8	Peso específico del filler - aparente	gr/cm ³			
9	Peso de la briketa seca	gr	1247.2	1249.8	1244.0
10	Peso de la briketa saturada superficialmente seca	gr	1249.3	1253.3	1249.1
11	Peso de la briketa sumergida	gr	760.6	757.4	761.9
12	Volumen de briketa + parafina	cm ³	488.7	495.9	487.2
13	Peso específico Bulk de la briketa	gr/cm ³	2.552	2.520	2.553
14	Peso específico máximo (MTC E-508 ASTM D-2041)	gr/cm ³	2.641	2.641	2.641
15	Vacíos (MTC E-505)	%	3.4	4.6	3.3
16	Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm ³	2.876	2.876	2.876
17	V.M.A.	%	15.7	16.8	15.7
18	Vacíos llenos con cemento asfáltico	%	78.6	72.7	78.8
19	Peso específico del agregado total	gr/cm ³	2.882	2.882	2.882
20	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	0.075	0.075	0.075
21	Cemento asfáltico efectivo	%	4.93	4.93	4.93
22	Flujo	mm	2.97	3.01	3.20
23	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	kg	1285.9	1199.0	1267.8
25	Factor de estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		1.00	1.00	1.00
26	Estabilidad corregida	kg	1286	1199	1268
27	Estabilidad - Flujo	kg/cm	4330	3983	3962
28	Compactación, número de golpes por cara		75 golp.		

A continuación, se presentan los resultados del ensayo de cada espécimen que se obtiene por cada procedimiento en laboratorio, obteniendo su resistencia, deformación, peso seco, peso saturado y su peso superficialmente seco. Como se observa en la tabla 10, se detallan las características y se calculan las propiedades para analizar las tres muestras para el porcentaje de 5.5% de ligante asfáltico.

Tabla 12. Características y propiedades para un 5.5% de ligante asfáltico

	BRIQUETAS	Nº	1°	2°	3°
1	Cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	5.50	5.50	5.50
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	40.64	40.64	40.64
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	53.87	53.87	53.87
4	Filler en peso de la mezcla	%			
5	Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cm ³	1.020	1.020	1.020
6	Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cm ³	2.884	2.884	2.884
7	Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cm ³	2.870	2.870	2.870
8	Peso específico del filler - aparente	gr/cm ³			
9	Peso de la briketa seca	gr	1250.5	1248.8	1248.9
10	Peso de la briketa saturada superficialmente seca	gr	1252.7	1253.7	1252.0
11	Peso de la briketa sumergida	gr	761.1	758.6	760.0
12	Volumen de briketa + parafina	cm ³	491.6	495.1	492.0
13	Peso específico Bulk de la briketa	gr/cm ³	2.544	2.522	2.538
14	Peso específico máximo (MTC E-508 ASTM D-2041)	gr/cm ³	2.616	2.616	2.616
15	Vacíos (MTC E-505)	%	2.8	3.6	3.0
16	Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm ³	2.876	2.876	2.876
17	V.M.A.	%	16.4	17.1	16.6
18	Vacíos llenos con cemento asfáltico	%	83.2	79.1	82.1
19	Peso específico del agregado total	gr/cm ³	2.878	2.878	2.878
20	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	0.026	0.026	0.026
21	Cemento asfáltico efectivo	%	5.48	5.48	5.48
22	Flujo	mm	3.76	3.93	3.76
23	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	kg	1088.2	1073.1	1082.2
25	Factor de estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		1.00	1.00	1.00
26	Estabilidad corregida	kg	1088	1073	1082
27	Estabilidad - Flujo	kg/cm	2894	2731	2878
28	Compactación, número de golpes por cara		75 golp.		

A continuación, se presentan los resultados del ensayo de cada espécimen que se obtiene por cada procedimiento en laboratorio, obteniendo su resistencia, deformación, peso seco, peso saturado y su peso superficialmente seco. Como se observa en la tabla 11, se detallan las características y se calculan las propiedades para analizar las tres muestras para el porcentaje de 6.0% de ligante asfáltico.

Tabla 13. Características y propiedades para un 6.0% de ligante asfáltico

	BRIQUETAS	Nº	1°	2°	3°
1	Cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	6.00	6.00	6.00
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	40.42	40.42	40.42
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	53.58	53.58	53.58
4	Filler en peso de la mezcla	%			
5	Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cm ³	1.020	1.020	1.020
6	Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cm ³	2.884	2.884	2.884
7	Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cm ³	2.870	2.870	2.870
8	Peso específico del filler - aparente	gr/cm ³			
9	Peso de la briketa seca	gr	1245.2	1246.2	1248.0
10	Peso de la briketa saturada superficialmente seca	gr	1257.0	1253.2	1255.4
11	Peso de la briketa sumergida	gr	754.1	760.6	760.1
12	Volumen de briketa + parafina	cm ³	502.9	492.6	495.3
13	Peso específico Bulk de la briketa	gr/cm ³	2.476	2.530	2.520
14	Peso específico máximo (MTC E-508 ASTM D-2041)	gr/cm ³	2.580	2.580	2.580
15	Vacíos (MTC E-505)	%	4.0	1.9	2.3
16	Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm ³	2.876	2.876	2.876
17	V.M.A.	%	19.1	17.3	17.6
18	Vacíos llenos con cemento asfáltico	%	78.9	88.8	86.8
19	Peso específico del agregado total	gr/cm ³	2.859	2.859	2.859
20	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	-0.210	-0.210	-0.210
21	Cemento asfáltico efectivo	%	6.20	6.20	6.20
22	Flujo	mm	5.04	4.91	5.19
23	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	kg	947.2	920.6	906.3
25	Factor de estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		1.00	1.00	1.00
26	Estabilidad corregida	kg	947	921	906
27	Estabilidad - Flujo	kg/cm	1879	1875	1746
28	Compactación, número de golpes por cara		75 golp.		

A continuación, se presentan los resultados del ensayo de cada espécimen que se obtiene por cada procedimiento en laboratorio, obteniendo su resistencia, deformación, peso seco, peso saturado y su peso superficialmente seco. Como se observa en la tabla 12, se detallan las características y se calculan las propiedades para analizar las tres muestras para el porcentaje de 6.5% de ligante asfáltico.

Tabla 14. Características y propiedades para un 6.5% de ligante asfáltico

	BRIQUETAS	Nº	1°	2°	3°
1	Cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	6.50	6.50	6.50
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	40.21	40.21	40.21
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	53.30	53.30	53.30
4	Filler en peso de la mezcla	%			
5	Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cm ³	1.020	1.020	1.020
6	Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cm ³	2.884	2.884	2.884
7	Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cm ³	2.870	2.870	2.870
8	Peso específico del filler - aparente	gr/cm ³			
9	Peso de la briketa seca	gr	1246.3	1250.4	1247.3
10	Peso de la briketa saturada superficialmente seca	gr	1252.3	1254.4	1253.0
11	Peso de la briketa sumergida	gr	755.3	755.1	756.8
12	Volumen de briketa + parafina	cm ³	497.0	499.3	496.2
13	Peso específico Bulk de la briketa	gr/cm ³	2.508	2.504	2.514
14	Peso específico máximo (MTC E-508 ASTM D-2041)	gr/cm ³	2.560	2.560	2.560
15	Vacios (MTC E-505)	%	2.0	2.2	1.8
16	Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm ³	2.876	2.876	2.876
17	V.M.A.	%	18.5	18.6	18.3
18	Vacios llenos con cemento asfáltico	%	88.9	88.3	90.1
19	Peso específico del agregado total	gr/cm ³	2.860	2.860	2.860
20	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	-0.196	-0.196	-0.196
21	Cemento asfáltico efectivo	%	6.68	6.68	6.68
22	Flujo	mm	5.83	5.96	5.70
23	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	kg	798.5	819.0	770.9
25	Factor de estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		1.00	1.00	1.00
26	Estabilidad corregida	kg	799	819	771
27	Estabilidad - Flujo	kg/cm	1370	1374	1352
28	Compactación, número de golpes por cara		75 golp.		

Según los resultados obtenidos, el porcentaje óptimo de ligante asfáltico para el diseño de mezcla por MAC – 02 es de 4.5%. En la tabla 13, se detalla el resumen de las propiedades de mezcla asfáltica en relación con todos los porcentajes de ligante asfáltico analizados. Para poder analizar individualmente y justificar el porcentaje elegido, se tiene que cumplir con los requerimientos mínimos especificados por la normativa de la metodología Marshall.

Tabla 15. *Resumen de propiedades por porcentaje de ligante asfáltico*

CEMENTO ASFÁLTICO	%	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
PESO UNITARIO	gr/cm ³	2.540	2.554	2.542	2.535	2.509	2.509
VACÍOS	%	5.27	4.00	3.75	3.10	2.77	2.01
VACÍOS DE AGREGADO MINERAL	%	15.23	15.20	16.04	16.71	18.01	18.45
VACÍOS LLENOS CON CEMENTO ASFÁLTICO	%	65.63	74.08	76.69	81.46	84.80	89.11
FLUJO	mm	1.73	2.45	3.06	3.82	5.05	5.83
ESTABILIDAD	kg	1087.87	1318.80	1250.90	1081.17	924.70	796.13

- MTC E 504 – ANÁLISIS DE ÓPTIMO CONTENIDO DE LIGANTE ASFÁLTICO**

Para el análisis del óptimo contenido de ligante asfáltico, es necesario describir cada una de las propiedades de la mezcla asfáltica por cada porcentaje de ligante asfáltico empleado. En la figura 11, se aprecian los valores de estabilidad en kilogramos por cada porcentaje de ligante asfáltico, donde se puede apreciar que existe un valor que no cumple con la estabilidad mínima requerida por la normativa Marshall que es la de 6.50% (menor a 831 kg.); también se tiene que existe un valor de máxima estabilidad que es la muestra elaborada para un 4.5% de ligante asfáltico y

un valor más económico que es el de 4.0% de ligante asfáltico que cumple con el mínimo requerido por la normativa, pero la variación con el 4.5% de ligante asfáltico es bastante significativa, esto se debe a que existe una mejor mezcla y acomodamiento de partículas en su estructura.

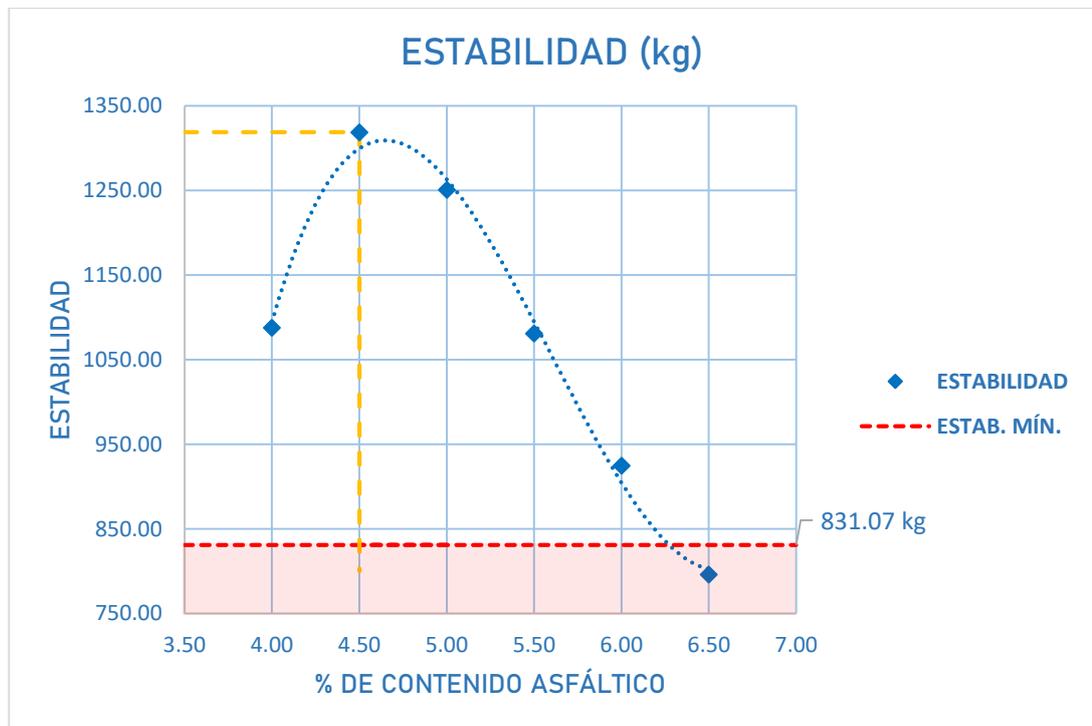


Figura 11. Valores de estabilidad vs. Porcentaje de contenido asfáltico

Para el análisis del flujo o deformación por cada porcentaje de ligante asfáltico, evidenciado mediante el dial que representa la deformación en milímetros para cada ensayo realizado, se aceptan los valores que se encuentran dentro de los rangos establecidos en el ensayo de la metodología Marshall, sugiriendo que valores por debajo de lo requerido puedan fallar por rigidez y valores encima de lo requerido puedan fallar por ahuellamiento. En la figura 12, se puede observar que los valores de 4%, 5.5%, 6% y 6.5% de ligante asfáltico se encuentran fuera de este rango por lo que se descartan para la elección del óptimo contenido asfáltico. Dejando al valor de 4.5% de contenido de ligante asfáltico que cumple también en su estabilidad y al valor de 5% de contenido de ligante asfáltico que cumple también con la

estabilidad, pero es más caro, ya que requiere mayor ligante asfáltico en su composición, además de que su valor de estabilidad resultante es menor al del 4.5% de asfalto. Dejando al 4.5% como mejor opción para establecer el mejor comportamiento mecánico del diseño de mezcla por MAC - 02.

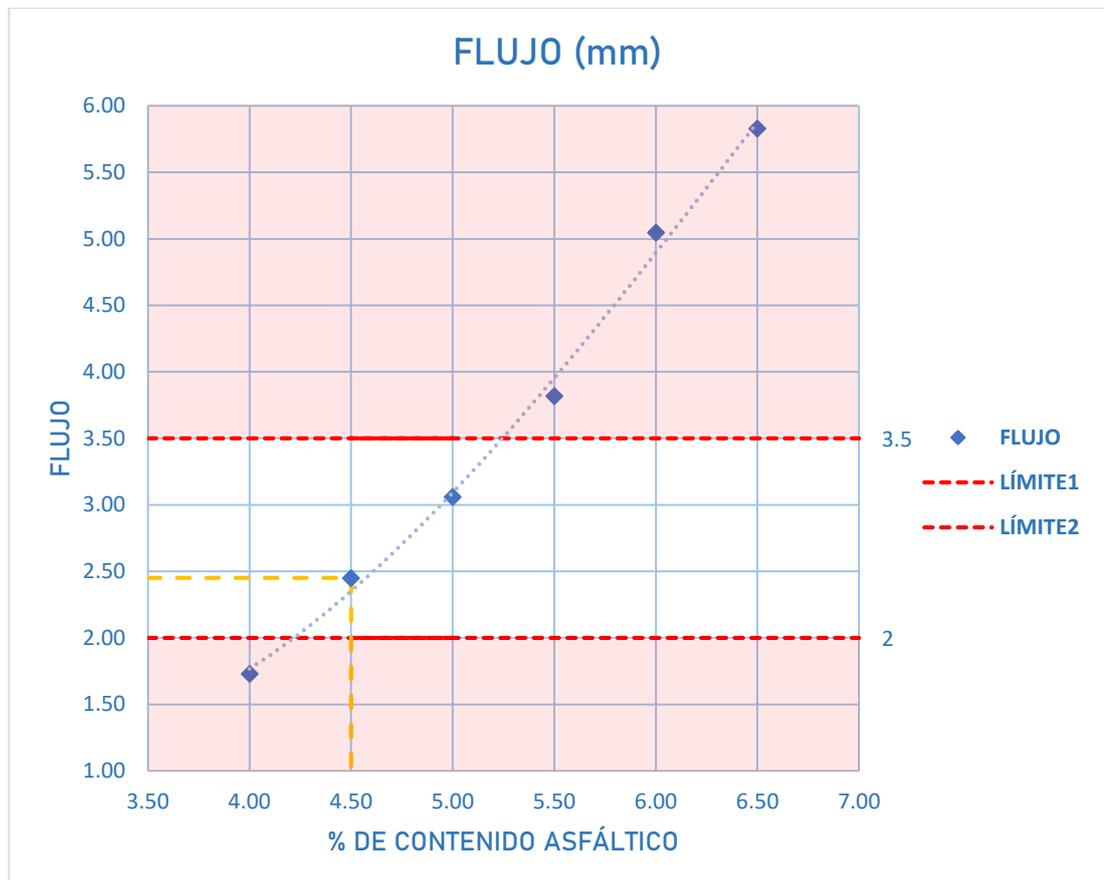


Figura 12. Valores de flujo vs. Porcentaje de contenido asfáltico

El porcentaje de vacíos tiene que cumplir un rango requerido por el ensayo de la metodología Marshall, entre el 3.00% y 5%, estos valores se especifican, ya que debe de existir un porcentaje de aire dentro de la mezcla asfáltica para su correcto desempeño. En la figura 13, se tiene que los porcentajes de 4%, 6% y 6.5% de asfalto no cumplen con esta disposición, teniendo también que el valor óptimo de ligante asfáltico elegido de 4.5% cumple con el porcentaje de vacíos requerido por la metodología Marshall.

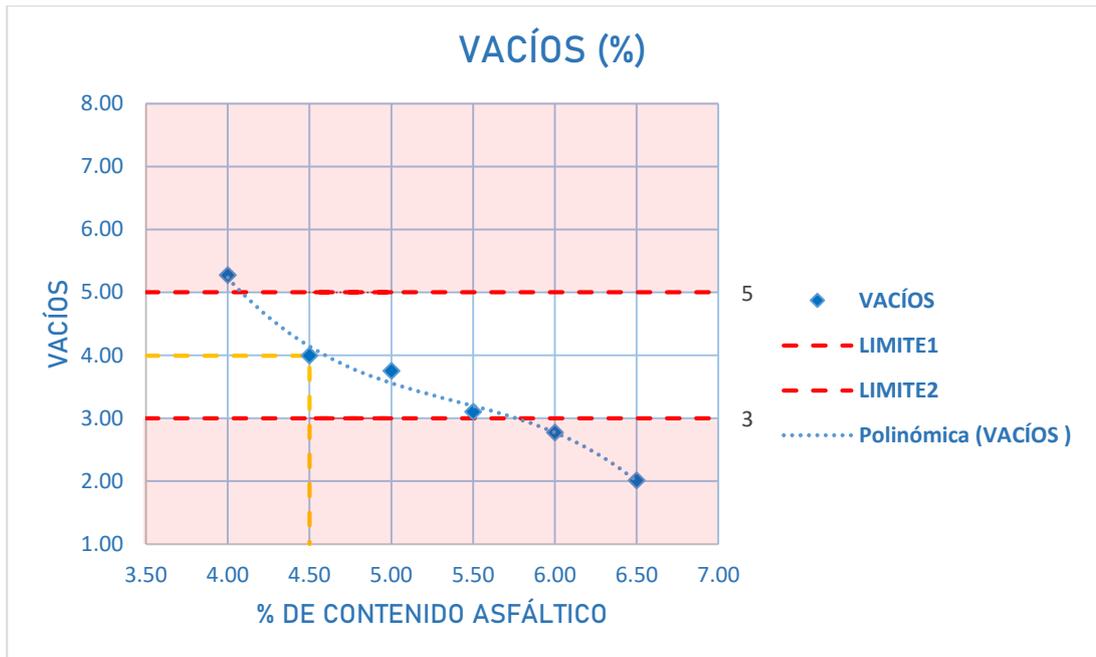


Figura 13. Porcentaje de vacíos vs. Porcentaje de contenido asfáltico

El porcentaje de vacíos del agregado mineral se encuentra por encima del mínimo según la metodología Marshall, el cual tendría que cumplir un valor mínimo de 15% de ligante asfáltico para un tamaño máximo nominal de 1/2” como se muestra en la figura 14.

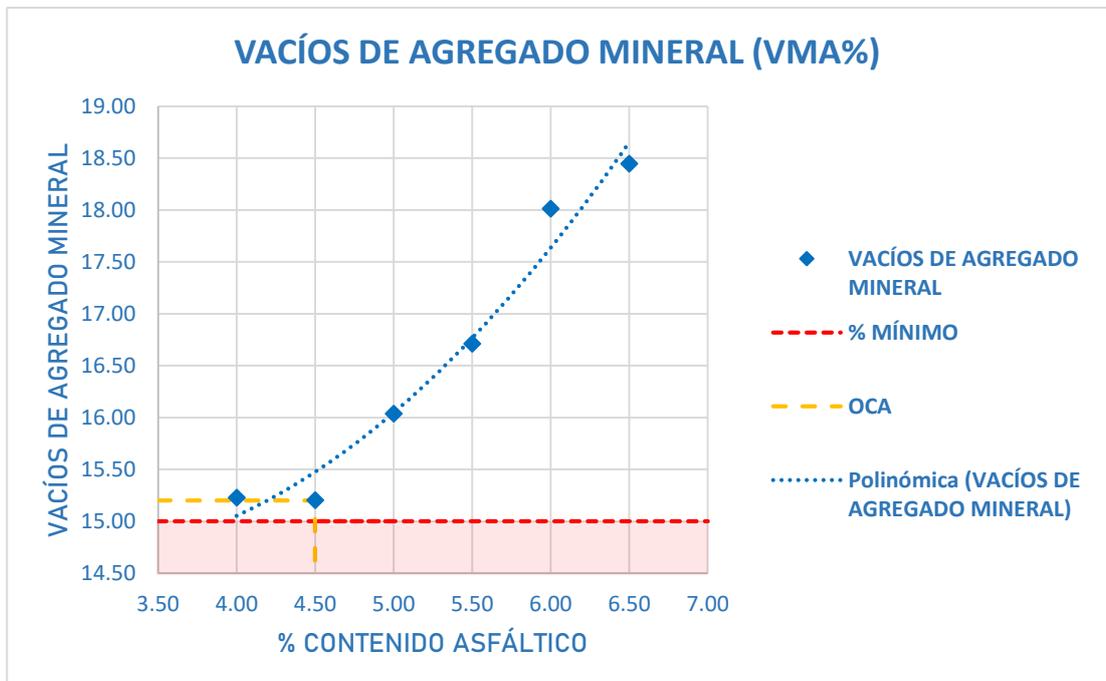


Figura 14. Porcentaje de VMA vs. Porcentaje de contenido asfáltico

En las figuras 15 y 16, se tienen los valores de vacíos con cemento asfáltico y el peso unitario de cada porcentaje de mezcla asfáltica ensayada. Los valores que presenta el 4.5% de asfalto, que viene a ser el porcentaje óptimo elegido, cumple con todas las propiedades mostradas.

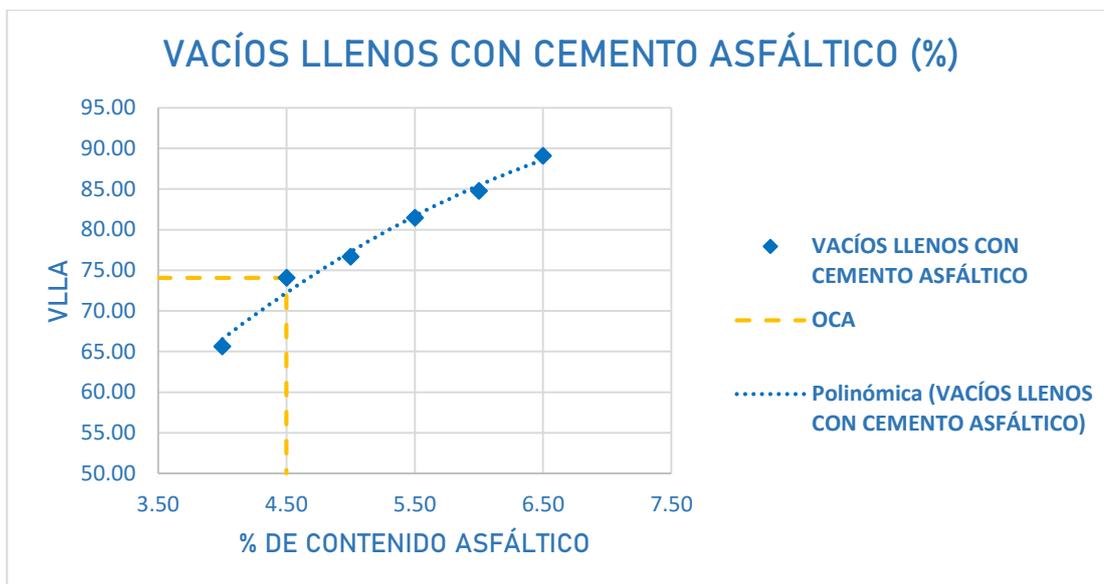


Figura 15. Porcentaje de VLLA vs. Porcentaje de contenido asfáltico

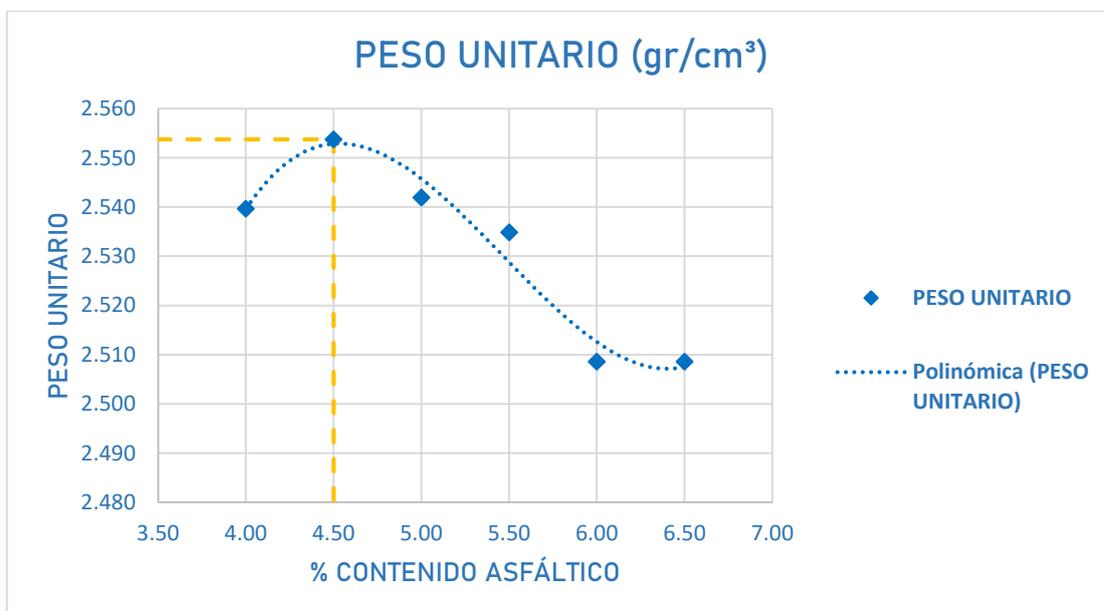


Figura 16. Valores de peso unitario vs. Porcentaje de contenido asfáltico

Una vez analizado el óptimo contenido de ligante asfalto de 4.5%, se requiere elaborar especímenes que varíen en su diferencial de temperatura de compactación. En la tabla 14, se tienen los pesos a utilizar para el análisis de la temperatura.

Tabla 16. *Pesos para el óptimo contenido de ligante asfáltico*

% Asfalto	4.5%
TAMIZ	FILLER – PESO (gr)
Tm - N°4	0.0
Tm - N°10	0.0
< N°10	35.8
SUB-TOTAL	35.8
TAMIZ	ARENA PROCESADA - PESO (gr)
Tm - 1/2"	0.0
Tm - 3/8"	0.0
Tm - N°4	94.1
Tm - N°10	124.7
< N°10	282.6
SUB-TOTAL	501.4
TAMIZ	ARENA NATURAL - PESO (gr)
Tm - 1/2"	0.0
Tm - 3/8"	0.0
Tm - N°4	66.2
Tm - N°10	57.6
< N°10	174.6
SUB-TOTAL	298.4
TAMIZ	PIEDRA 1/2" - PESO (gr)
Tm - 1/2"	129.9
Tm - 3/8"	145.2
Tm - N°4	77.1
Tm - N°10	3.6
< N°10	2.3
SUB-TOTAL	358.1
TOTAL DE AGREG. (gr)	1193.8
PEN 85-100	56.3
TOTAL (gr)	1250.0

- **MTC E 504 – PROPIEDADES MECÁNICAS**

Para analizar las propiedades mecánicas, se variaron las temperaturas de compactación de los especímenes sin modificar para que, de esta manera, se pueda evidenciar el comportamiento de los valores de estabilidad y flujo. En la tabla 15, se tiene los resultados de resistencia desde los 70°C hasta los 210°C, controlando el diferencial cada 10°C y los pesos que presentó en el estado seco, saturado y superficialmente seco de cada espécimen. Los valores de estabilidad se corrigieron mediante el volumen que cada muestra presenta.

Tabla 17. *Resultados de diferencial de temperatura para estabilidad*

ÍTEM	TEMP	PESO SECO	PESO SSS	PESO SUM.	PESO ESPECIF. BULK	ESTABILIDAD	VOLUMEN	ESTAB. CORREGIDA
UND.		gr	gr	gr	kg/cm ³	kg	cm ³	kg
1	70°C	1251	1266	742	2.387	731.90	511.40	731.90
2		1237	1254	740	2.407	684.10	518.60	684.10
3		1251	1260	738	2.397	651.10	514.20	651.10
4	80°C	1249	1255	744	2.444	774.30	512.70	774.30
5		1248	1256	744	2.438	793.10	518.20	793.10
6		1247	1262	747	2.421	696.90	517.50	696.90
7	90°C	1240	1249	747	2.470	839.90	515.60	839.90
8		1251	1265	753	2.443	783.20	515.40	783.20
9		1244	1259	747	2.430	818.70	521.10	818.70
10	100°C	1251	1262	759	2.487	864.90	522.00	864.90
11		1251	1263	758	2.477	830.20	517.80	830.20
12		1249	1259	758	2.493	828.90	523.20	828.90
13	110°C	1250	1258	760	2.510	951.20	511.90	951.20
14		1251	1260	759	2.497	1040.00	514.20	1040.00
15		1251	1262	762	2.502	1005.20	522.70	1005.20
16	120°C	1251	1259	761	2.512	1139.90	514.60	1139.90
17		1248	1257	758	2.501	1102.70	524.50	1102.70
18		1243	1253	756	2.501	1144.30	523.20	1144.30

19	130°C	1240	1246	755	2.525	1270.40	526.00	1270.40
20		1244	1248	751	2.503	1202.20	523.70	1202.20
21		1251	1259	762	2.517	1149.60	522.50	1149.60
22	140°C	1256	1263	761	2.502	1234.30	524.00	1234.30
23		1248	1246	751	2.521	1332.70	520.60	1332.70
24		1250	1254	761	2.535	1288.80	528.10	1288.80
25	150°C	1249	1252	758	2.528	1298.60	521.50	1298.60
26		1247	1253	760	2.529	1340.80	524.30	1340.80
27		1251	1254	761	2.538	1338.40	523.60	1338.40
28	160°C	1248	1256	765	2.542	1335.50	523.80	1335.50
29		1247	1252	762	2.545	1341.00	526.40	1341.00
30		1250	1257	764	2.535	1331.00	524.00	1331.00
31	170°C	1248	1255	766	2.552	1313.80	520.60	1313.80
32		1240	1247	762	2.557	1313.40	528.00	1313.40
33		1251	1257	768	2.558	1259.20	527.90	1259.20
34	180°C	1250	1256	766	2.551	1254.80	522.50	1254.80
35		1250	1255	765	2.551	1270.40	523.60	1270.40
36		1243	1250	766	2.568	1208.20	520.80	1208.20
37	190°C	1251	1257	774	2.590	1079.80	522.90	1079.80
38		1248	1253	769	2.579	991.10	520.50	991.10
39		1251	1255	770	2.579	968.90	534.00	968.90
40	200°C	1247	1252	772	2.598	892.30	528.30	892.30
41		1251	1257	769	2.564	813.70	524.90	813.70
42		1248	1253	772	2.595	887.00	531.80	887.00
43	210°C	1246	1250	771	2.601	887.20	532.00	887.20
44		1245	1248	769	2.599	777.70	527.60	777.70
45		1251	1254	771	2.590	725.30	530.90	725.30

En la tabla 16, se tiene los resultados del flujo, porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos de agregado mineral obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados. Se tomaron tres muestras por cada punto a analizar y de esta manera generar un diagrama de dispersión que genere una línea tendencia que muestre la predisposición que toman las propiedades mecánicas ante la variación de la temperatura de compactación.

Tabla 18. Resultados de diferencial de temperatura para estabilidad

ÍTEM	TEMP	%VACÍOS	PESO ESPECÍFICO BULK DE AGREG.	% VMA	% VACÍOS LLENOS CON C.A.	FLUJO
UND.		%	kg/cm ³	%	%	mm
1	70°C	10.248	2.876	20.724	50.551	3.35
2		9.526	2.876	20.086	52.576	3.90
3		9.904	2.876	20.420	51.499	3.67
4	80°C	8.112	2.876	18.837	56.938	3.71
5		8.365	2.876	19.061	56.116	3.49
6		8.971	2.876	19.597	54.220	3.27
7	90°C	7.138	2.876	17.978	60.293	3.07
8		8.144	2.876	18.866	56.831	3.02
9		8.658	2.876	19.320	55.185	2.70
10	100°C	6.501	2.876	17.414	62.670	2.61
11		6.871	2.876	17.742	61.271	2.89
12		6.278	2.876	17.217	63.539	3.17
13	110°C	5.638	2.876	16.652	66.145	2.40
14		6.128	2.876	17.085	64.134	2.24
15		5.940	2.876	16.919	64.892	2.83
16	120°C	5.562	2.876	16.585	66.464	2.65
17		5.977	2.876	16.952	64.740	2.24
18		5.977	2.876	16.952	64.740	2.58
19	130°C	5.058	2.876	16.140	68.662	2.48
20		5.902	2.876	16.885	65.049	2.35
21		5.372	2.876	16.417	67.278	2.03
22	140°C	5.940	2.876	16.919	64.891	2.13
23		5.218	2.876	16.281	67.953	2.49
24		4.681	2.876	15.807	70.389	2.33
25	150°C	4.950	2.876	16.044	69.150	2.21
26		4.909	2.876	16.009	69.333	2.44
27		4.604	2.876	15.739	70.746	2.11
28	160°C	4.445	2.876	15.599	71.502	2.22
29		4.327	2.876	15.495	72.073	2.31
30		4.681	2.876	15.807	70.389	2.46

31	170°C	4.055	2.876	15.254	73.419	2.68
32		3.883	2.876	15.103	74.286	3.56
33		3.824	2.876	15.050	74.592	3.28
34	180°C	4.097	2.876	15.291	73.207	3.72
35		4.097	2.876	15.291	73.207	3.45
36		3.452	2.876	14.721	76.552	3.23
37	190°C	2.629	2.876	13.995	81.213	4.28
38		3.063	2.876	14.378	78.694	4.06
39		3.031	2.876	14.349	78.879	3.51
40	200°C	2.334	2.876	13.734	83.006	5.06
41		3.627	2.876	14.876	75.619	4.89
42		2.459	2.876	13.844	82.239	4.52
43	210°C	2.209	2.876	13.623	83.788	5.13
44		2.287	2.876	13.693	83.297	5.68
45		2.629	2.876	13.995	81.213	5.36

En la figura 17, se puede observar los valores de estabilidad en kilogramos por cada temperatura de ensayo. Se tiene que a partir de un valor promedio de 1335.5 kg. para la temperatura de compactación de 160°C, sugerida por la normativa de la metodología Marshall, se mantiene relativamente constante en las temperaturas de 140°C, 150°C, 170°C y 180°C en sus valores de resistencia. A medida que la temperatura desciende, los valores de estabilidad también descienden hasta llegar a resultados por debajo de lo requerido por la normativa, esto en las temperaturas de 70°C, 80°C y 90°C; este mismo fenómeno se observa en temperaturas demasiado elevadas, ya que a partir de los 190°C los valores de resistencia descienden de forma crítica llegando a temperaturas de 200°C y 210°C con valores de resistencia por debajo de lo requerido en la normativa de la metodología Marshall. Finalmente, se puede afirmar a partir de la experiencia en laboratorio que las mezclas asfálticas tibias presentan complicaciones en la trabajabilidad, además de la disminución considerable en la resistencia, lo que puede representar una disminución en el tiempo de vida útil de carpeta asfáltica, además de volverse dificultoso trabajar con este material tibio.

La solución de llevar la mezcla asfáltica a temperaturas más elevadas también puede llegar a ser perjudicial para las propiedades estables del conglomerado, además de que es una solución cara, ya que llevar la temperatura de mezcla a valores elevados en grandes volúmenes de mezcla asfáltica genera una mayor demanda de recursos y un mayor efecto negativo ambientalmente.

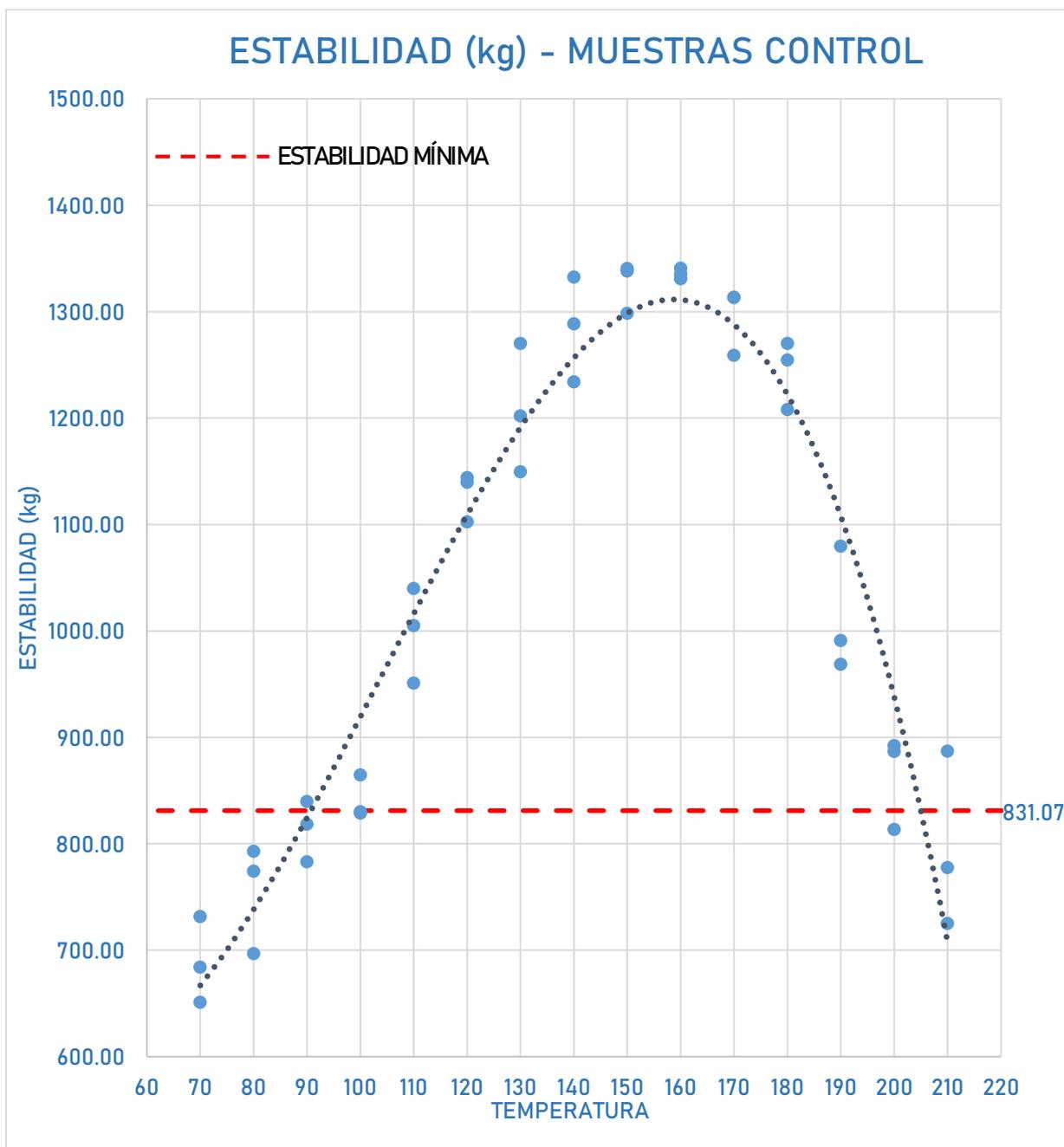


Figura 17. Valores de estabilidad para cada temperatura de compactación.

En la figura 18, se presenta el comportamiento gráfico de la deformación en la mezcla asfáltica bajo un diferencial de temperatura que varía cada 10°C, a partir de un valor promedio de 2.55 milímetros de deformación para la temperatura de 160°C recomendada por el ensayo de la metodología Marshall. El cual presenta una tendencia inicialmente descendente hasta los 135°C y luego ascendente a medida que la temperatura continúa bajando, de igual forma para la deformación en temperaturas superiores a lo recomendado, saliendo del rango permisible las temperaturas de 70°C, 180°C, 190°C, 200°C y 210°C.

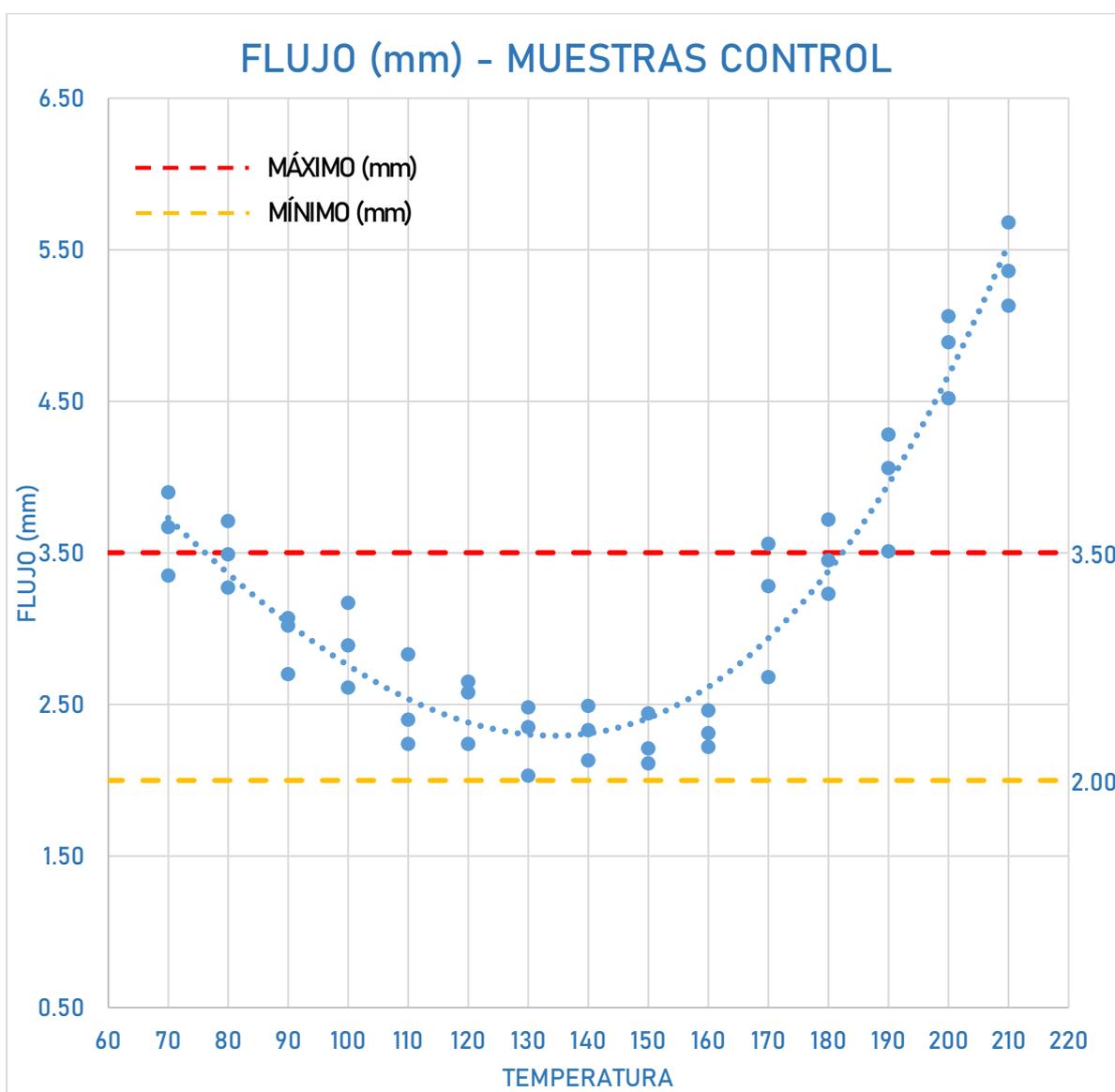


Figura 18. Valores de flujo para cada temperatura de compactación

En la figura 19, se presentan los porcentajes de vacíos y su variación ante el diferencial de temperatura cada 10°C. Este fenómeno evidencia un aumento de los porcentajes de vacíos a medida que la temperatura desciende, saliendo del rango requerido por el ensayo de la metodología Marshall todas las temperaturas por debajo de los 140°C. También se observa que el porcentaje de vacíos desciende excesivamente saliendo del rango temperaturas muy elevadas de 200°C y 210°C.

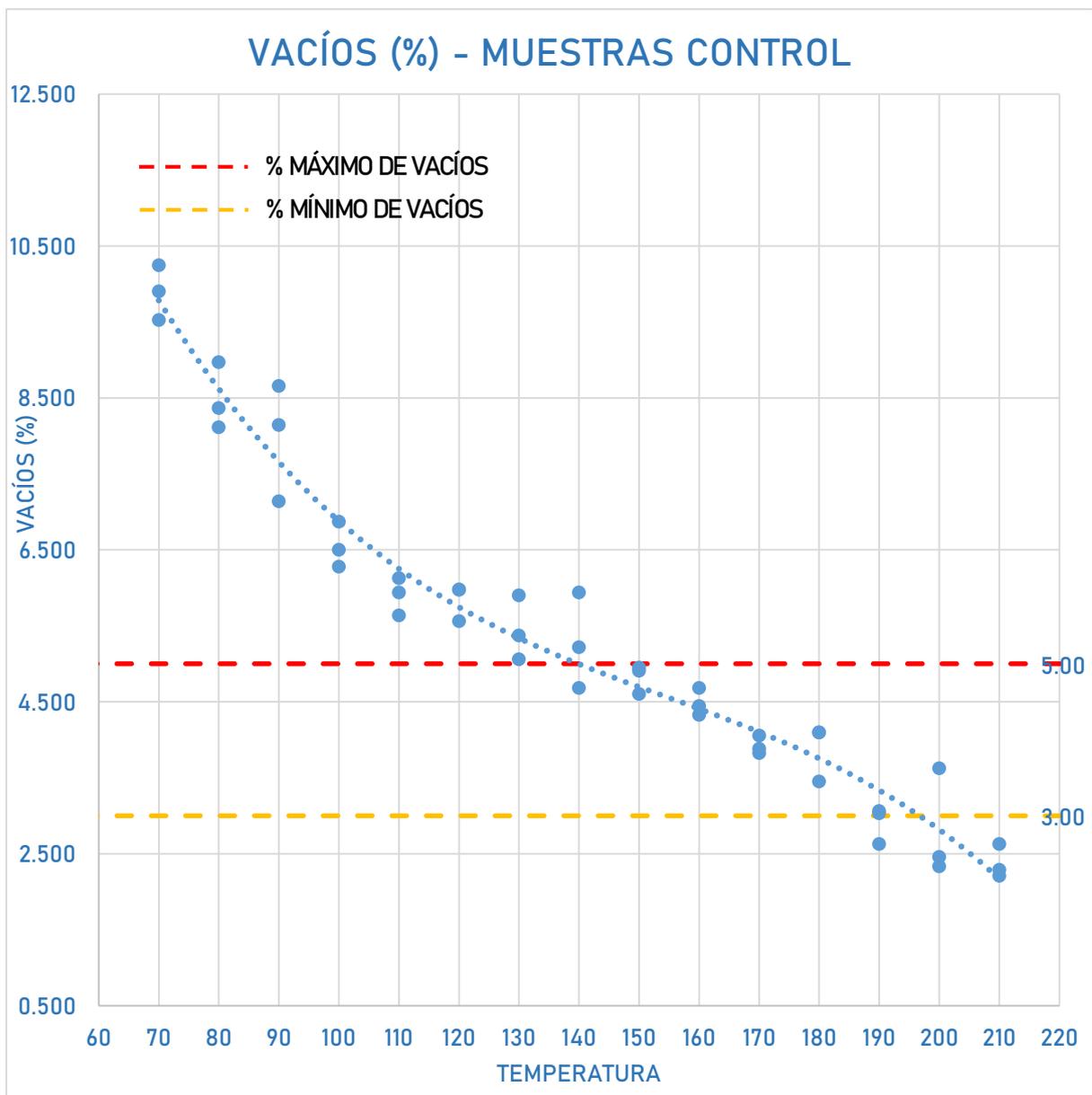


Figura 19. Porcentajes de vacíos para cada temperatura de compactación

En la figura 20, se presentan los porcentajes de vacíos en el agregado mineral para cada valor de temperatura ensayado cada 10°C, donde para el ensayo de la metodología Marshall, donde para un tamaño máximo nominal de ½" el porcentaje mínimo de volumen de agregado mineral es de 15%. Existiendo valores que no cumplen con lo requerido en las temperaturas de 190°C, 200°C y 210°C.

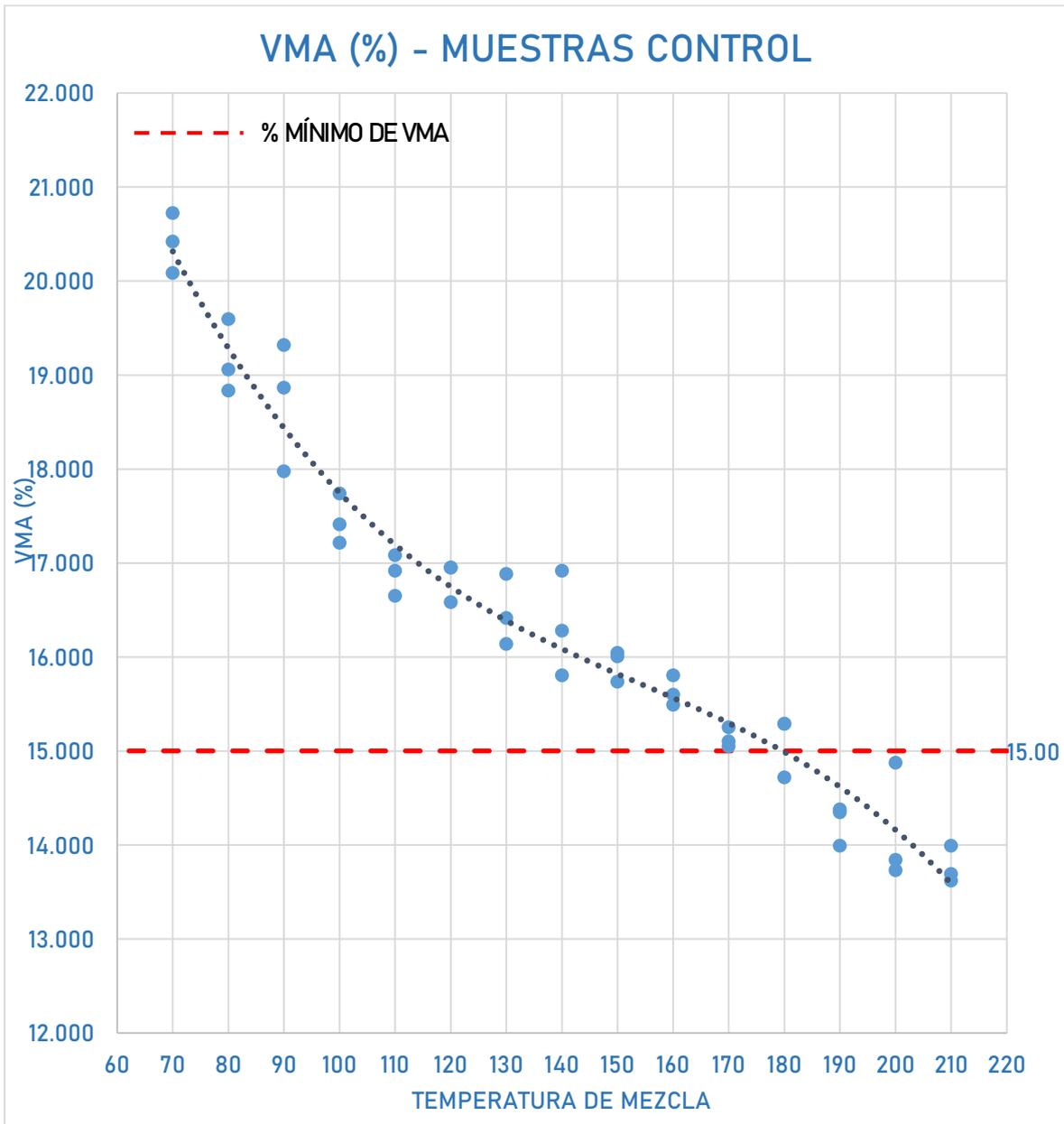


Figura 20. Porcentajes de VMA para cada temperatura de compactación

- **MTC E 520 – ADHERENCIA EN BANDEJA INICIAL**

El ensayo de adherencia en bandeja del MTC E 520 busca determinar el porcentaje de adherencia entre un ligante bituminoso y el agregado que se va a emplear en la carpeta asfáltica. Esta propiedad es muy importante, ya que, al modificar el ligante asfáltico, las propiedades físicas de este pueden variar al variar la viscosidad que este presenta, por ello es importante caracterizar el porcentaje de adherencia limpio que presenta el ligante asfáltico sin modificar, para luego comparar este con el ligante asfáltico modificado con la adición de aceite de palma a distintos porcentajes.

En la tabla 17, se tienen los porcentajes de adherencia a partir de una temperatura de 90°C, ya que para el ensayo se requería crear una lámina uniforme de 2 milímetros de espesor sobre la bandeja y la temperatura mínima trabajable para este ensayo es de 90°C. Se tiene también que la variación de temperatura se evaluó cada 5°C hasta llegar a los 195°C como temperatura máxima, ya que a partir de este valor el asfalto comienza a quemarse, lo cual podría dañar los equipos de laboratorio.

Tabla 19. *Resultados de adherencia a distintas temperaturas de ensayo*

ÍTEM	TEMP	MUESTRA	SUPERFICIE ADHERIDA CON LIGANTE ASFÁLTICO			DÍA SUMERGIDO
			0%-25%	25%-75%	75%-100%	4
UND.			0	1	2	%
1	90°C	Band.- 01	50	0	0	0%
2		Band.- 02	50	0	0	0%
3		Band.- 03	50	0	0	0%
4	95°C	Band.- 04	50	0	0	0%
5		Band.- 05	50	0	0	0%
6		Band.- 06	50	0	0	0%
7	100°C	Band.- 07	47	3	0	3%
8		Band.- 08	48	2	0	2%
9		Band.- 09	46	3	1	5%

10	105°C	Band.- 10	47	3	0	3%
11		Band.- 11	44	4	2	8%
12		Band.- 12	44	5	1	7%
13	110°C	Band.- 13	44	2	4	10%
14		Band.- 14	42	3	5	13%
15		Band.- 15	44	2	4	10%
16	115°C	Band.- 16	42	2	6	14%
17		Band.- 17	42	1	7	15%
18		Band.- 18	44	0	6	12%
19	120°C	Band.- 19	40	2	8	18%
20		Band.- 20	45	0	5	10%
21		Band.- 21	45	0	5	10%
22	125°C	Band.- 22	34	10	6	22%
23		Band.- 23	35	10	5	20%
24		Band.- 24	34	10	6	22%
25	130°C	Band.- 25	27	15	8	31%
26		Band.- 26	28	11	11	33%
27		Band.- 27	28	12	10	32%
28	135°C	Band.- 28	26	13	11	35%
29		Band.- 29	25	13	12	37%
30		Band.- 30	28	13	9	31%
31	140°C	Band.- 31	27	11	12	35%
32		Band.- 32	24	14	12	38%
33		Band.- 33	27	9	14	37%
34	145°C	Band.- 34	26	9	15	39%
35		Band.- 35	25	8	17	42%
36		Band.- 36	26	8	16	40%
37	150°C	Band.- 37	20	16	14	44%
38		Band.- 38	22	15	13	41%
39		Band.- 39	24	12	14	40%
40	155°C	Band.- 40	21	13	16	45%
41		Band.- 41	21	14	15	44%
42		Band.- 42	22	12	16	44%
43	160°C	Band.- 43	19	15	16	47%
44		Band.- 44	21	15	14	43%
45		Band.- 45	24	7	19	45%

46	165°C	Band.- 46	24	5	21	47%
47		Band.- 47	28	1	21	43%
48		Band.- 48	28	2	20	42%
49	170°C	Band.- 49	5	29	16	61%
50		Band.- 50	24	9	17	43%
51		Band.- 51	22	13	15	43%
52	175°C	Band.- 52	26	13	11	35%
53		Band.- 53	36	6	8	22%
54		Band.- 54	35	11	4	19%
55	180°C	Band.- 55	34	9	7	23%
56		Band.- 56	34	11	5	21%
57		Band.- 57	33	8	9	26%
58	185°C	Band.- 58	43	3	4	11%
59		Band.- 59	41	7	2	11%
60		Band.- 60	44	4	2	8%
61	190°C	Band.- 61	47	2	1	4%
62		Band.- 62	47	1	2	5%
63		Band.- 63	48	1	1	3%
64	195°C	Band.- 64	49	1	0	1%
65		Band.- 65	48	2	0	2%
66		Band.- 66	49	1	0	1%

En la figura 21, se tiene el comportamiento gráfico de los porcentajes de adherencia obtenidos a partir de la variación de la temperatura de ensayo, presentando un descenso en el porcentaje de adherencia a medida que disminuye la temperatura y también se presenta otro descenso en el porcentaje de adherencia a medida que aumenta la temperatura por encima de los 160°C.

También se puede afirmar que la adherencia se puede mantener en temperaturas de 135°C, 140°C, 145°C, 150°C, 155°C, 160°C y 165°C para porcentajes que se aproximan al valor promedio de 45% de adherencia como resultado de la mezcla analizada para 160°C. Para el ligante asfáltico modificado que se pretende emplear en comparación con estos resultados de porcentajes de adherencia, se tiene que tomar en cuenta que, si los porcentajes de adherencia con adición de aceite de palma son muy bajos en

comparación con los porcentajes de adherencia de ligante asfáltico sin modificar, entonces se tienen que tomar consideraciones, debido a que la vida útil del ligante asfáltico puede verse disminuida y volverse más susceptible al daño por humedad o tráfico intensos.

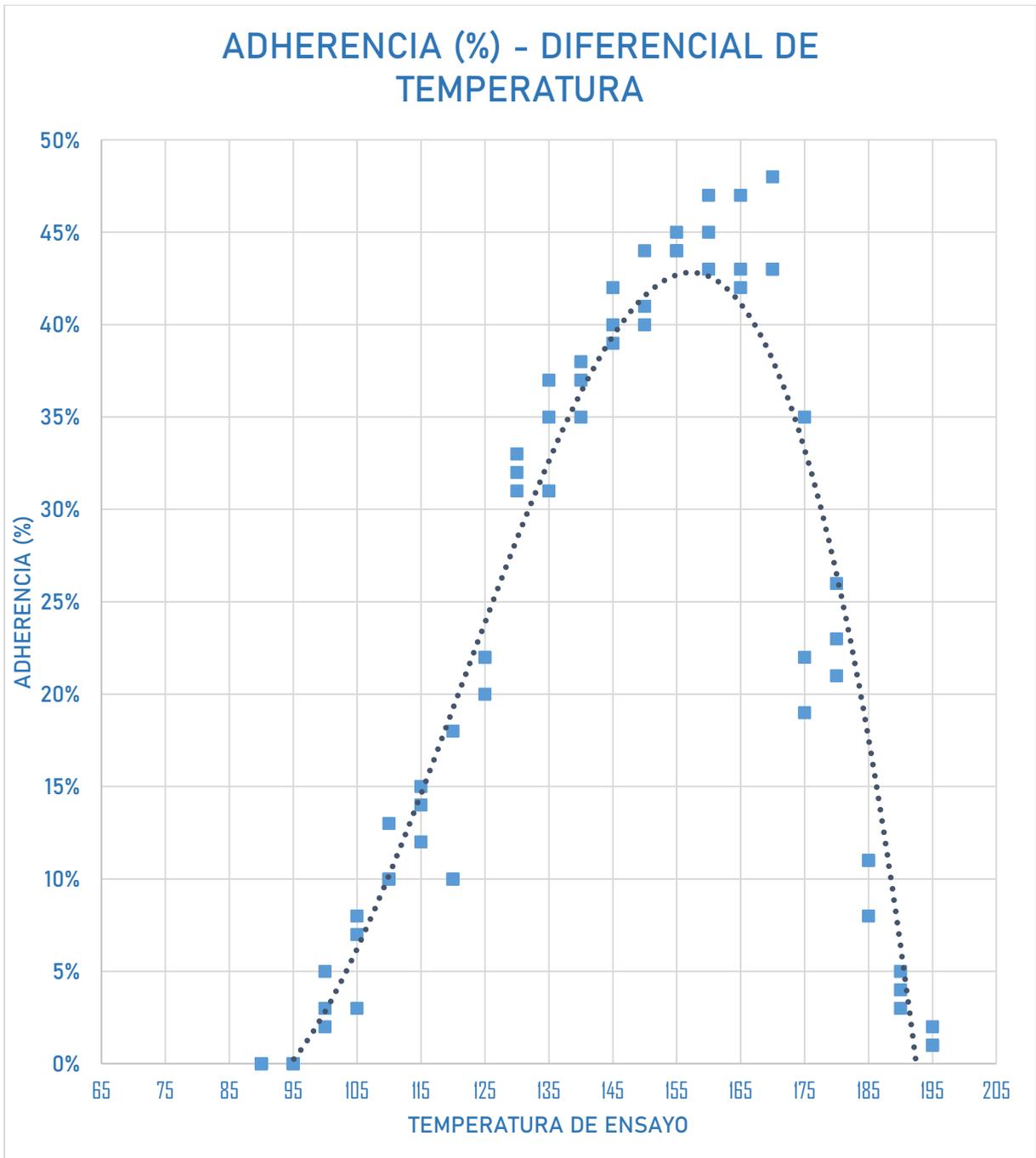


Figura 21. Porcentajes de adherencia para cada temperatura de ensayo

4.3.2. OE 2 – PROPIEDADES MECÁNICAS - ASFALTO MODIFICADO

Para la obtención del comportamiento mecánico del ligante asfáltico modificado con la adición del aceite de palma, se alteró el ligante asfáltico a distintos porcentajes de adición, comenzando en un 0.5% del peso de ligante hasta llegar a un 3.5% con la finalidad de conocer la caracterización de la mezcla asfáltica modificada y posteriormente conseguir un porcentaje óptimo de adición de aceite de palma. Los resultados obtenidos de estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos en el agregado mineral se explicarán en orden a continuación.

- **MTC E 504 – PROPIEDADES MECÁNICAS – 0.5 % MODIFICADO**

Las propiedades mecánicas para la mezcla asfáltica elaborada para una adición de aceite de palma de 0.5% del peso del ligante asfáltico se tomaron en función a la misma variación de la temperatura en grados Celsius de la muestra control ya presentada para de esta manera verificar si existe variación en sus propiedades. En la tabla 18, se presentan los resultados obtenidos de la estabilidad modificada con un 0.5% de adición de aceite de palma, así mismo los pesos secos, saturados y superficialmente secos de cada espécimen. Realizando tres muestras por cada temperatura a estudiar, variando cada 10°C la temperatura de compactación desde los 70°C hasta los 210°C.

Tabla 20. *Datos de estabilidad con ligante asfáltico modificado al 0.5%*

ÍTEM	TEMP	PESO SECO	PESO SSS	PESO SUM.	PESO ESPECIF. BULK	ESTABILIDAD	VOLUMEN	ESTAB. CORREGIDA
UND.		gr	gr	gr	kg/cm ³	kg	cm ³	kg
1	70°C	1239	1264	763	2.473	711.10	517.40	711.10
2		1252	1254	752	2.494	751.70	525.30	751.70
3		1250	1259	752	2.465	775.30	513.70	775.30
4	80°C	1232	1254	765	2.519	784.80	530.10	784.80
5		1242	1267	769	2.494	734.30	534.20	734.30
6		1240	1262	766	2.500	712.20	526.10	712.20

7	90°C	1238	1269	776	2.511	731.30	520.20	731.30
8		1231	1245	754	2.507	809.80	530.90	809.80
9		1238	1272	768	2.456	827.40	514.90	827.40
10	100°C	1253	1259	766	2.542	927.50	514.10	927.50
11		1251	1264	770	2.532	931.40	512.80	931.40
12		1236	1245	762	2.559	929.60	527.80	929.60
13	110°C	1247	1259	767	2.535	947.60	525.70	947.60
14		1235	1248	765	2.557	968.00	531.80	968.00
15		1254	1257	766	2.554	981.40	530.60	981.40
16	120°C	1239	1248	761	2.544	1143.20	526.90	1143.20
17		1233	1239	753	2.537	1098.10	524.10	1098.10
18		1240	1244	764	2.583	1133.90	527.20	1133.90
19	130°C	1241	1249	767	2.575	1197.60	535.10	1197.60
20		1243	1256	772	2.568	1084.10	512.10	1084.10
21		1234	1244	762	2.560	1138.30	519.10	1138.30
22	140°C	1239	1248	768	2.581	1298.40	525.60	1298.40
23		1244	1252	770	2.581	1273.70	524.80	1273.70
24		1243	1247	762	2.563	1282.70	527.60	1282.70
25	150°C	1235	1241	763	2.584	1368.70	526.70	1368.70
26		1240	1252	772	2.583	1381.00	516.00	1381.00
27		1247	1257	770	2.561	1373.60	531.20	1373.60
28	160°C	1248	1254	771	2.584	1353.60	535.20	1353.60
29		1253	1258	770	2.568	1347.00	526.20	1347.00
30		1231	1239	767	2.608	1387.10	515.60	1387.10
31	170°C	1234	1241	768	2.609	1279.60	532.00	1279.60
32		1253	1261	776	2.584	1383.20	530.10	1383.20
33		1246	1255	771	2.574	1325.80	513.00	1325.80
34	180°C	1242	1251	770	2.582	1203.40	532.70	1203.40
35		1251	1258	777	2.601	1285.50	534.80	1285.50
36		1234	1236	765	2.620	1139.10	526.70	1139.10
37	190°C	1245	1252	770	2.583	1009.60	525.00	1009.60
38		1237	1244	774	2.632	949.40	517.90	949.40
39		1242	1249	772	2.604	944.80	518.20	944.80
40	200°C	1239	1243	771	2.625	922.00	532.20	922.00
41		1236	1241	770	2.624	896.10	525.70	896.10
42		1239	1250	773	2.597	839.80	528.00	839.80

43	210°C	1240	1248	774	2.616	903.20	530.90	903.20
44		1234	1239	772	2.642	911.30	530.90	911.30
45		1231	1242	776	2.642	926.70	532.80	926.70

En la tabla 19, se muestran los resultados obtenidos de los especímenes elaborados con ligante asfáltico modificado con un 0.5% de adición de aceite de palma, obteniendo los valores de deformación, porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos en el agregado mineral que presenta la mezcla asfáltica modificada a distintas temperaturas de compactación. Con la finalidad de comprobar su comportamiento gráfico y compararlo con la muestra control o sin modificary de esta manera establecer el porcentaje óptimo de adición de aceite de palma para mezclas asfálticas en caliente.

Tabla 21. *Datos de flujo con ligante asfáltico modificado al 0.5%*

ÍTEM	TEMP	%VACÍOS	PESO ESPECÍFICO BULK DE AGREG.	% VMA	% VACÍOS LLENOS CON C.A.	FLUJO
UND.		%	kg/cm ³	%	%	mm
1	70°C	7.028	2.876	17.880	60.694	3.62
2		6.240	2.876	17.184	63.689	4.08
3		7.313	2.876	18.132	59.669	4.28
4	80°C	5.285	2.876	16.340	67.659	3.94
5		6.242	2.876	17.185	63.681	3.55
6		6.015	2.876	16.985	64.587	3.34
7	90°C	5.596	2.876	16.615	66.322	3.37
8		5.747	2.876	16.749	65.687	3.29
9		7.656	2.876	18.435	58.470	2.96
10	100°C	4.452	2.876	15.605	71.471	2.85
11		4.797	2.876	15.910	69.846	3.21
12		3.797	2.876	15.026	74.732	3.42
13	110°C	4.716	2.876	15.838	70.223	2.74
14		3.875	2.876	15.095	74.332	2.61
15		3.986	2.876	15.193	73.764	2.99

16	120°C	4.355	2.876	15.519	71.936	2.71
17		4.623	2.876	15.756	70.660	2.51
18		2.882	2.876	14.218	79.729	2.14
19	130°C	3.207	2.876	14.505	77.890	2.70
20		3.452	2.876	14.721	76.552	2.56
21		3.753	2.876	14.988	74.958	2.17
22	140°C	2.961	2.876	14.287	79.279	2.23
23		2.973	2.876	14.299	79.206	2.84
24		3.651	2.876	14.897	75.493	2.38
25	150°C	2.869	2.876	14.207	79.805	2.89
26		2.882	2.876	14.218	79.729	2.54
27		3.738	2.876	14.974	75.038	2.22
28	160°C	2.863	2.876	14.201	79.841	2.37
29		3.473	2.876	14.740	76.439	2.75
30		1.953	2.876	13.397	85.423	2.13
31	170°C	1.922	2.876	13.370	85.626	3.11
32		2.876	2.876	14.213	79.766	3.58
33		3.219	2.876	14.516	77.825	3.47
34	180°C	2.928	2.876	14.259	79.466	3.98
35		2.224	2.876	13.637	83.689	3.70
36		1.505	2.876	13.002	88.422	3.50
37	190°C	2.895	2.876	14.230	79.654	4.50
38		1.056	2.876	12.605	91.624	4.35
39		2.114	2.876	13.540	84.388	3.78
40	200°C	1.316	2.876	12.835	89.748	5.76
41		1.346	2.876	12.861	89.537	5.40
42		2.350	2.876	13.748	82.905	5.30
43	210°C	1.653	2.876	13.132	87.414	5.68
44		0.662	2.876	12.257	94.601	6.38
45		0.691	2.876	12.282	94.378	5.98

En las figuras 22, 23, 24 y 25, se muestra el comportamiento gráfico de las propiedades de estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos en el agregado mineral para el diseño de mezcla asfáltica modificada con un 0.5 % de adición de aceite de palma. Estas curvas tendencia

presentan el mismo comportamiento que mezcla control con la cual será comparada para determinar el comportamiento del aceite de palma a distintos porcentajes de adición.

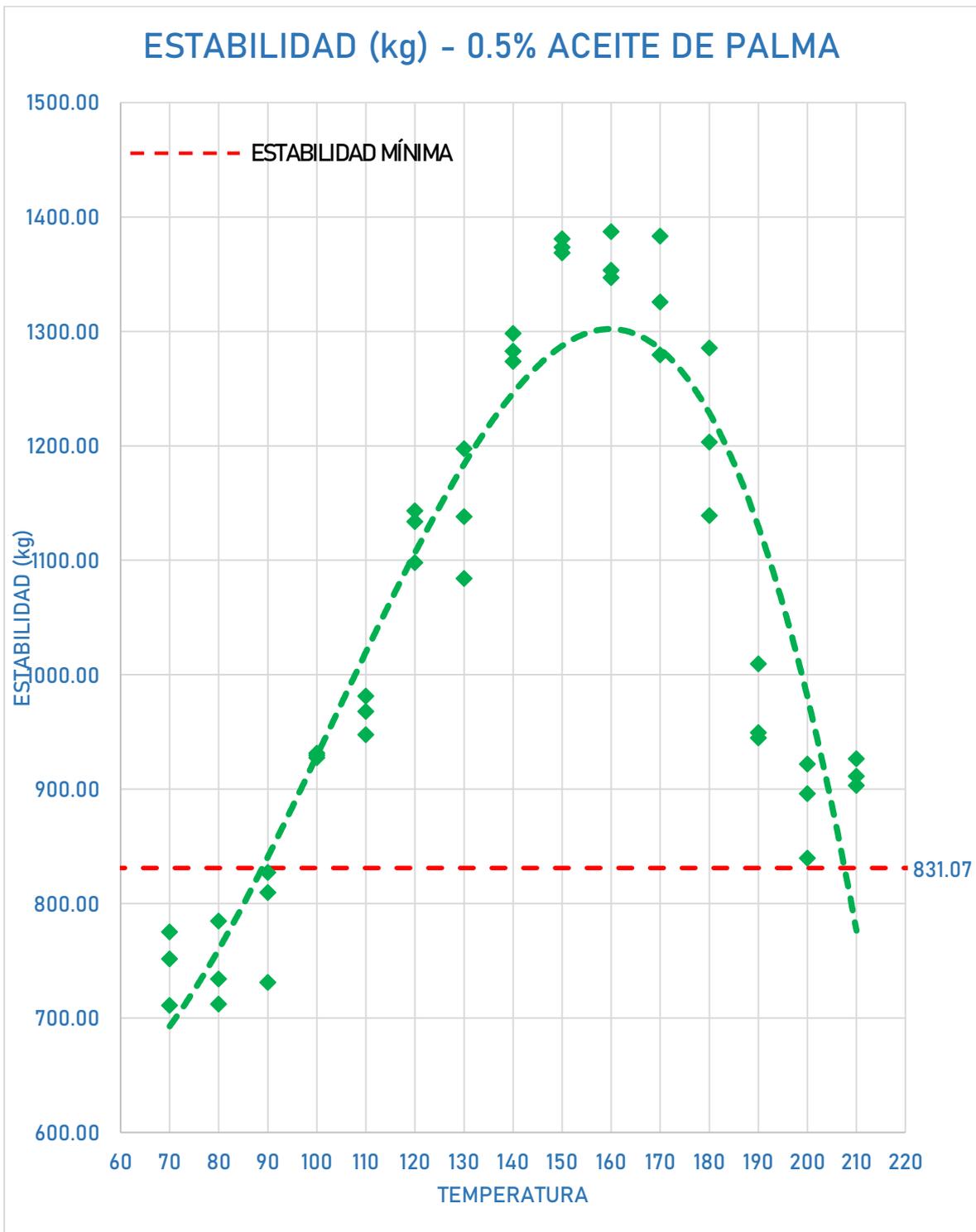


Figura 22. Valores de estabilidad modificada con 0.5% de adición de aceite de palma

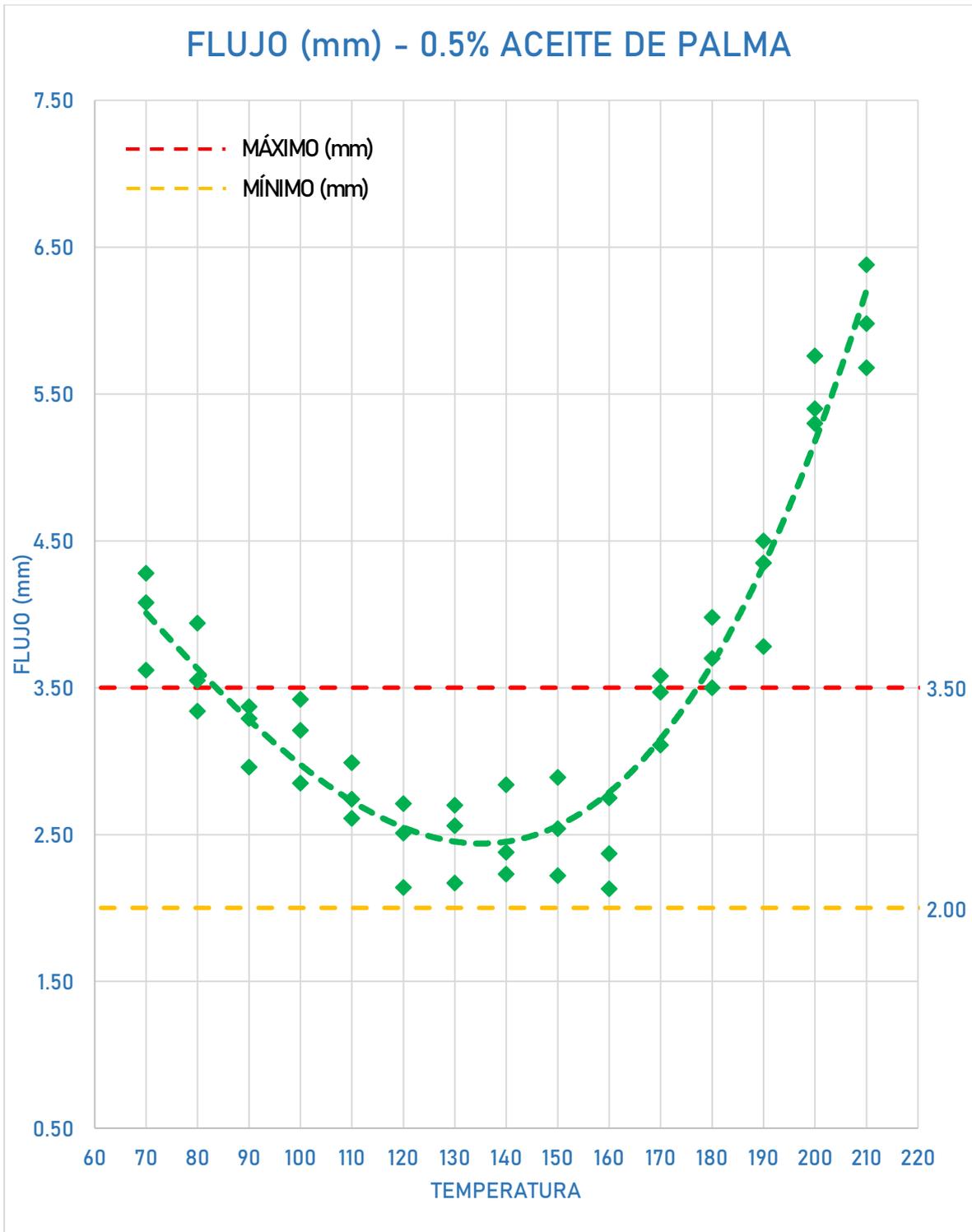


Figura 23. Valores de flujo modificado con 0.5% de adición de aceite de palma

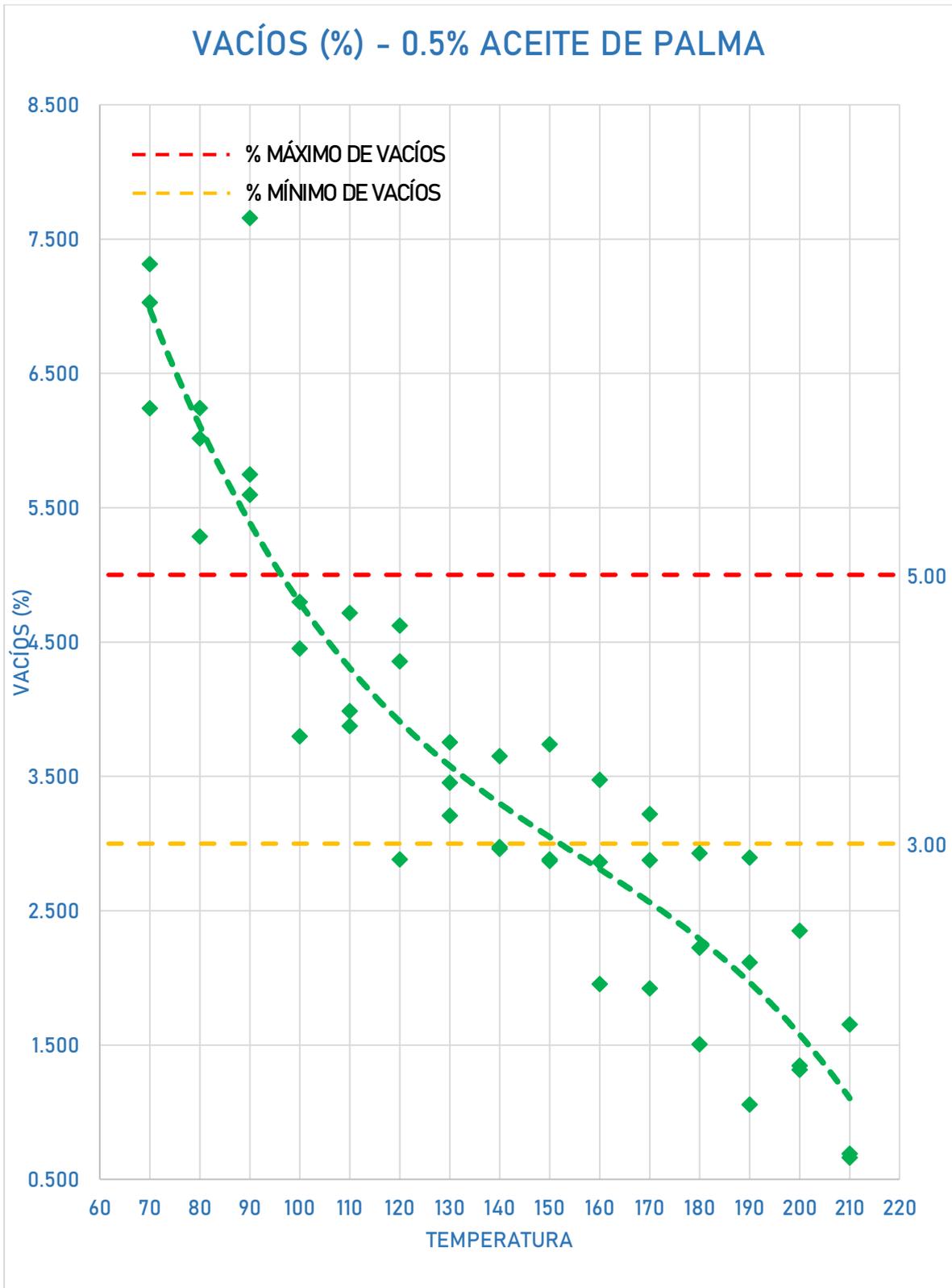


Figura 24. Porcentaje de vacíos modificado con 0.5% de adición de aceite de palma

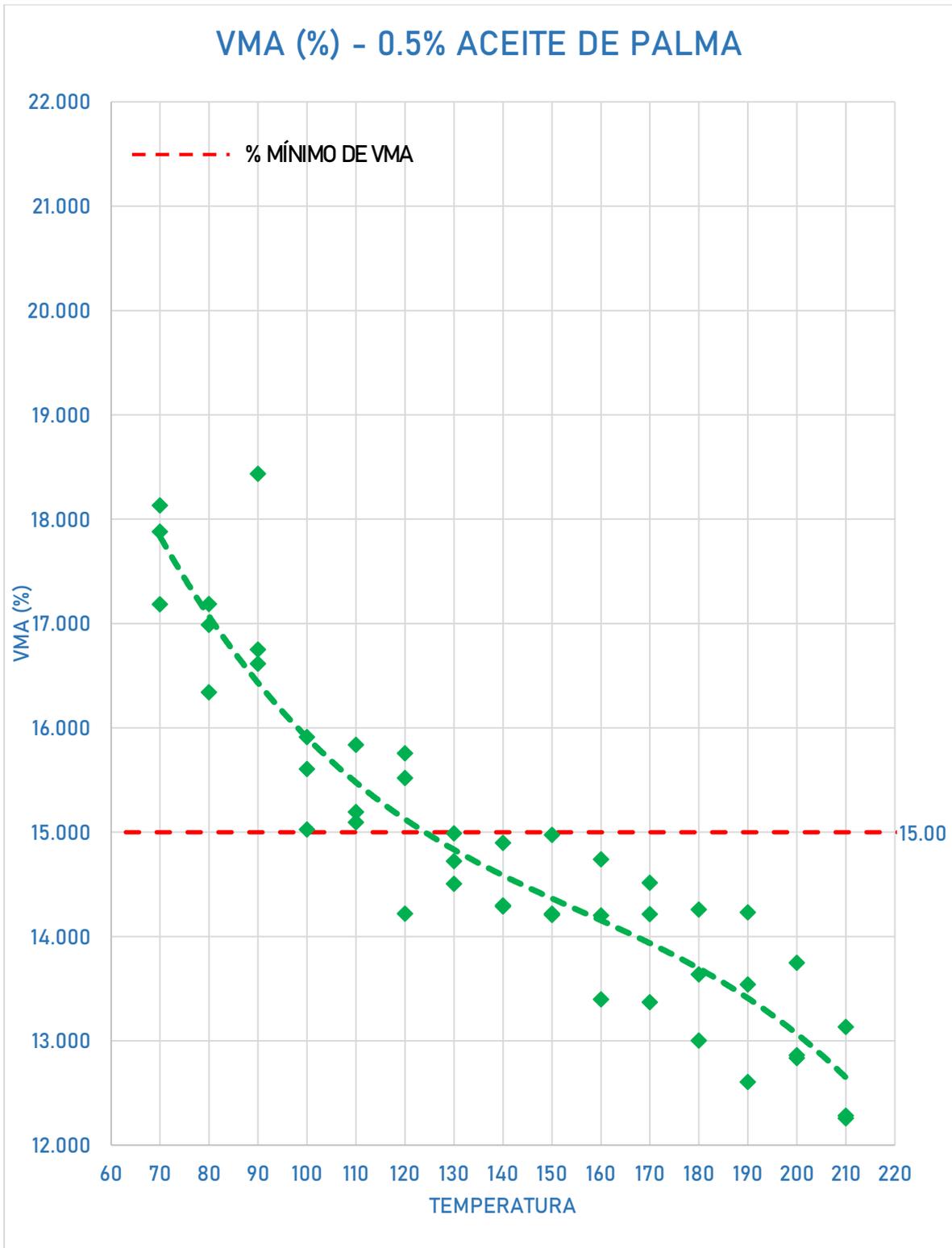


Figura 25. Porcentaje de VMA modificado con 0.5% de adición de aceite de palma

- **MTC E 504 – PROPIEDADES MECÁNICAS – 1.0 % MODIFICADO**

Las propiedades mecánicas para la mezcla asfáltica elaborada para una adición de aceite de palma de 1.0% del peso del ligante asfáltico se tomaron en función a la misma variación de la temperatura en grados Celsius de la muestra control ya presentada y de esta manera verificar si existe variación en sus propiedades. En la tabla 20, se presentan los resultados obtenidos de la estabilidad modificada con un 1.0% de adición de aceite de palma; así mismo, los pesos secos, saturados y superficialmente secos de cada espécimen. Realizando tres muestras por cada temperatura a estudiar, variando cada 10°C la temperatura de compactación desde los 70°C hasta los 210°C.

Tabla 22. *Datos de estabilidad con ligante asfáltico modificado al 1.0%*

ÍTEM	TEMP	PESO SECO	PESO SSS	PESO SUM.	PESO ESPECIF. BULK	ESTABILIDAD	VOLUMEN	ESTAB. CORREGIDA
UND.		gr	gr	gr	kg/cm ³	kg	cm ³	kg
1	70°C	1240	1267	761	2.451	787.80	524.60	787.80
2		1253	1255	748	2.471	790.20	512.30	790.20
3		1251	1262	754	2.463	761.90	514.40	761.90
4	80°C	1234	1257	760	2.483	737.30	512.60	737.30
5		1244	1268	769	2.493	787.10	518.00	787.10
6		1242	1265	766	2.489	751.60	523.30	751.60
7	90°C	1239	1270	770	2.478	852.00	512.20	852.00
8		1233	1247	751	2.486	829.50	514.30	829.50
9		1239	1275	766	2.434	817.30	533.60	817.30
10	100°C	1254	1260	759	2.503	903.90	523.30	903.90
11		1254	1267	770	2.523	872.10	534.80	872.10
12		1237	1247	748	2.479	926.70	513.90	926.70
13	110°C	1248	1260	766	2.526	1086.20	512.70	1086.20
14		1237	1249	765	2.556	1033.00	516.70	1033.00
15		1257	1258	765	2.550	1056.60	511.10	1056.60

16	120°C	1240	1250	761	2.536	1143.80	520.60	1143.80
17		1234	1240	753	2.534	1211.30	527.80	1211.30
18		1241	1246	763	2.569	1082.80	515.50	1082.80
19	130°C	1242	1250	767	2.571	1185.10	534.30	1185.10
20		1245	1259	771	2.551	1214.80	526.30	1214.80
21		1236	1246	761	2.548	1167.70	535.40	1167.70
22	140°C	1241	1249	768	2.580	1186.10	533.10	1186.10
23		1245	1255	770	2.567	1244.30	521.70	1244.30
24		1244	1248	762	2.560	1205.10	511.60	1205.10
25	150°C	1236	1242	762	2.575	1282.20	533.50	1282.20
26		1241	1253	771	2.575	1302.80	518.50	1302.80
27		1249	1258	770	2.559	1347.30	527.60	1347.30
28	160°C	1249	1257	766	2.544	1336.90	518.70	1336.90
29		1256	1261	771	2.563	1358.10	528.70	1358.10
30		1232	1241	764	2.583	1328.20	515.10	1328.20
31	170°C	1236	1242	767	2.602	1376.50	518.20	1376.50
32		1254	1264	776	2.570	1295.10	535.70	1295.10
33		1248	1256	770	2.568	1328.30	535.50	1328.30
34	180°C	1244	1254	769	2.565	1103.10	520.20	1103.10
35		1254	1262	775	2.575	1138.10	512.00	1138.10
36		1236	1238	764	2.608	1097.80	511.50	1097.80
37	190°C	1246	1251	775	2.618	1081.20	530.10	1081.20
38		1238	1246	761	2.553	1163.50	527.10	1163.50
39		1243	1248	772	2.611	1095.70	526.20	1095.70
40	200°C	1241	1244	770	2.618	919.20	531.70	919.20
41		1237	1243	770	2.615	935.00	526.60	935.00
42		1241	1249	773	2.607	958.80	530.80	958.80
43	210°C	1242	1248	772	2.609	891.70	533.90	891.70
44		1236	1241	771	2.630	926.90	528.70	926.90
45		1233	1244	776	2.635	954.10	529.60	954.10

En la tabla 21, se muestran los resultados obtenidos de los especímenes elaborados con ligante asfáltico modificado con un 1.0% de adición de aceite de palma, obteniendo los valores de deformación, porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos en el agregado mineral que presenta la mezcla asfáltica modificada a distintas temperaturas de compactación. Con la finalidad de

comprobar su comportamiento gráfico y compararlo con la muestra control o sin modificar.

Tabla 23. Datos de flujo con ligante asfáltico modificado al 1.0%

ÍTEM	TEMP	%VACÍOS	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO	PESO ESPECÍFICO BULK DE AGREG.	% VMA	% VACÍOS LLENOS CON C.A.	FLUJO
UND.		%	kg/cm ³	kg/cm ³	%	%	mm
1	70°C	7.872	2.660	2.876	18.626	57.734	3.89
2		7.090	2.660	2.876	17.935	60.467	4.48
3		7.421	2.660	2.876	18.227	59.286	4.45
4	80°C	6.658	2.660	2.876	17.553	62.070	4.17
5		6.279	2.660	2.876	17.218	63.535	4.02
6		6.429	2.660	2.876	17.351	62.946	3.72
7	90°C	6.842	2.660	2.876	17.716	61.379	3.84
8		6.546	2.660	2.876	17.454	62.498	3.79
9		8.489	2.660	2.876	19.171	55.718	3.56
10	100°C	5.902	2.660	2.876	16.886	65.045	2.95
11		5.145	2.660	2.876	16.217	68.273	3.11
12		6.806	2.660	2.876	17.684	61.513	3.37
13	110°C	5.026	2.660	2.876	16.112	68.807	2.62
14		3.918	2.660	2.876	15.133	74.111	2.46
15		4.147	2.660	2.876	15.335	72.959	3.12
16	120°C	4.670	2.660	2.876	15.797	70.440	3.15
17		4.741	2.660	2.876	15.860	70.106	2.68
18		3.408	2.660	2.876	14.682	76.791	3.04
19	130°C	3.330	2.660	2.876	14.614	77.215	2.89
20		4.089	2.660	2.876	15.284	73.246	2.57
21		4.193	2.660	2.876	15.376	72.728	2.49
22	140°C	3.006	2.660	2.876	14.328	79.020	2.84
23		3.496	2.660	2.876	14.760	76.316	3.06
24		3.772	2.660	2.876	15.004	74.861	2.58
25	150°C	3.195	2.660	2.876	14.495	77.954	3.01
26		3.207	2.660	2.876	14.505	77.890	2.75
27		3.781	2.660	2.876	15.012	74.814	2.51

28	160°C	4.369	2.660	2.876	15.531	71.871	2.25
29		3.637	2.660	2.876	14.885	75.568	3.05
30		2.902	2.660	2.876	14.236	79.615	2.73
31	170°C	2.176	2.660	2.876	13.595	83.990	3.18
32		3.396	2.660	2.876	14.672	76.855	3.30
33		3.462	2.660	2.876	14.731	76.496	3.68
34	180°C	3.573	2.660	2.876	14.829	75.902	4.05
35		3.197	2.660	2.876	14.497	77.944	3.95
36		1.970	2.660	2.876	13.413	85.311	3.72
37	190°C	1.592	2.660	2.876	13.079	87.826	5.46
38		4.038	2.660	2.876	15.240	73.500	5.10
39		1.829	2.660	2.876	13.288	86.235	4.76
40	200°C	1.574	2.660	2.876	13.062	87.954	6.60
41		1.683	2.660	2.876	13.159	87.208	6.47
42		1.987	2.660	2.876	13.428	85.201	6.09
43	210°C	1.908	2.660	2.876	13.358	85.715	6.85
44		1.136	2.660	2.876	12.676	91.039	6.52
45		0.954	2.660	2.876	12.515	92.375	6.04

En las figuras 26, 27, 28 y 29, se muestra el comportamiento gráfico de las propiedades de estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos en el agregado mineral para el diseño de mezcla asfáltica modificada con un 1.0 % de adición de aceite de palma. Estas curvas tendencia presentan el mismo comportamiento que la mezcla asfáltica control con la cual será comparada para determinar el comportamiento del aceite de palma a distintos porcentajes de adición. En comparación con el análisis de tendencia anterior, se tiene que los valores de las temperaturas de 135°C hasta los 155°C, mantienen las propiedades estables en comparación con los resultados de 160°C que es la temperatura recomendada por el ensayo de la metodología Marshall con mayor porcentaje de incidencia a medida que aumentó en 0.5% el porcentaje de adición de aceite de palma; por lo tanto, es necesario seguir aumentando este porcentaje y evaluar el comportamiento que presente.

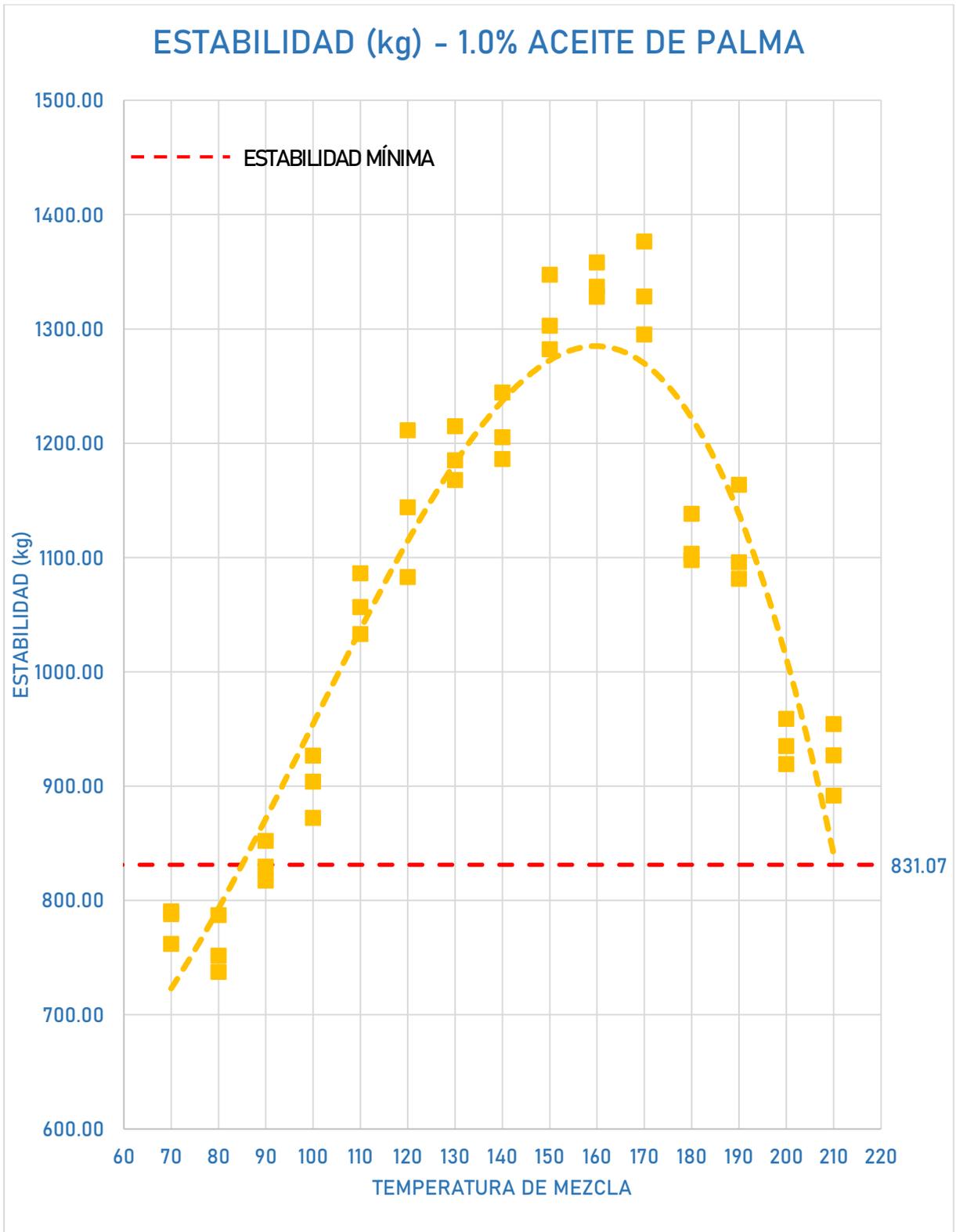


Figura 26. Valores de estabilidad modificada con 1.0% de adición de aceite de palma

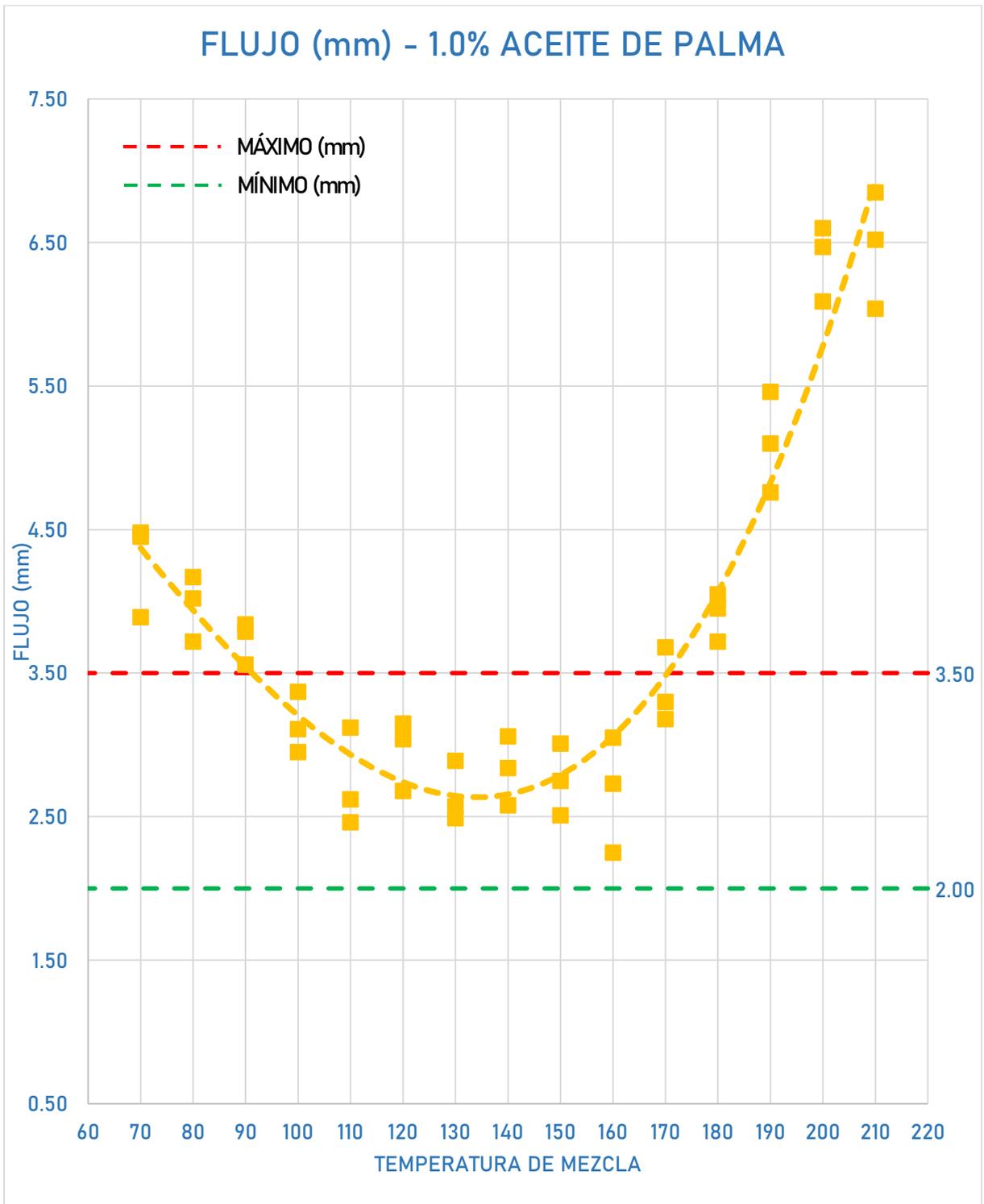


Figura 27. Valores de flujo modificado con 1.0% de adición de aceite de palma

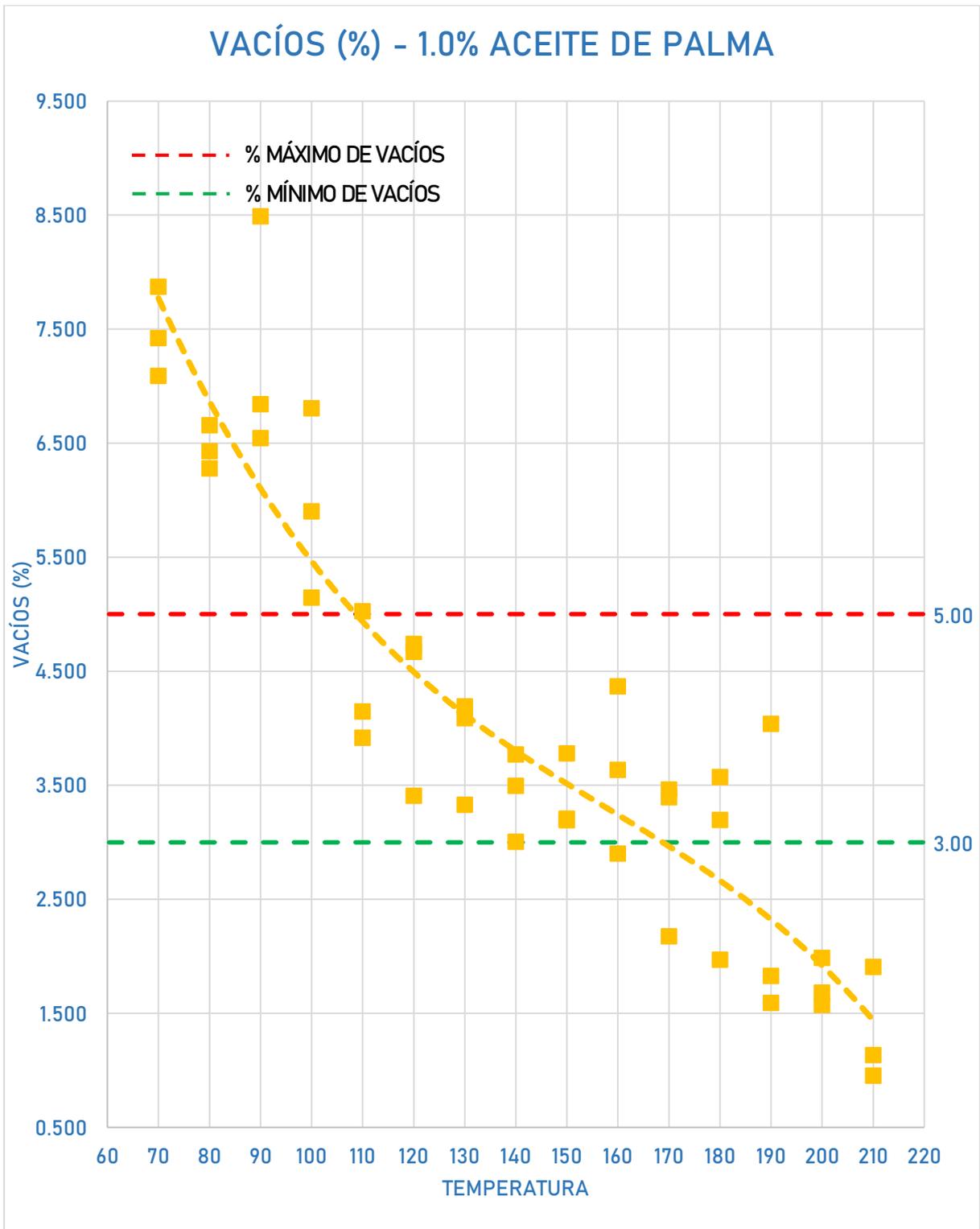


Figura 28. Porcentaje de vacíos modificado con 1.0% de adición de aceite de palma

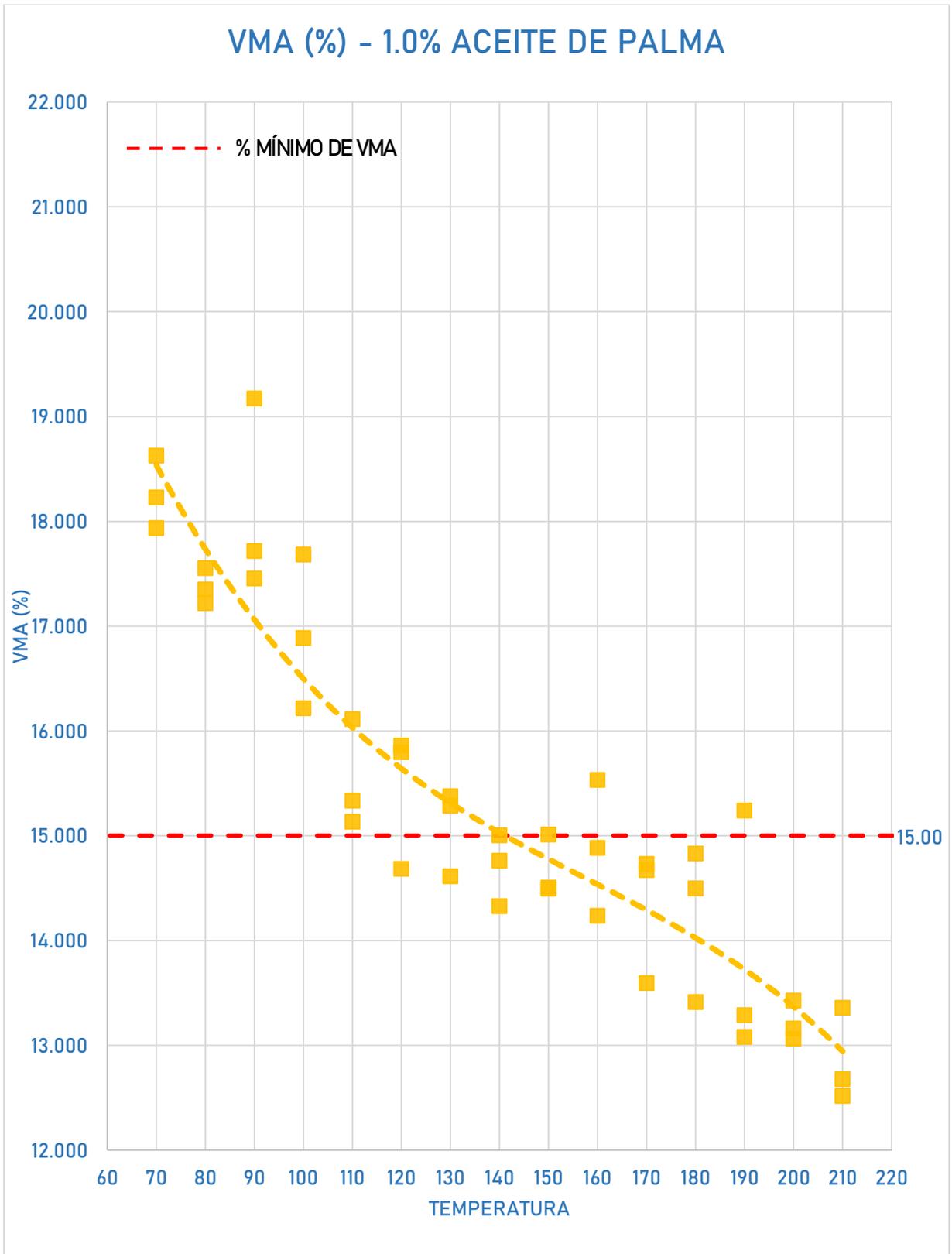


Figura 29. Porcentaje de VMA modificado con 1.0% de adición de aceite de palma

- **MTC E 504 – PROPIEDADES MECÁNICAS – 1.5 % MODIFICADO**

Las propiedades mecánicas para la mezcla asfáltica elaborada para una adición de aceite de palma de 1.5% del peso del ligante asfáltico se tomaron en función a la misma variación de la temperatura en grados Celsius de la muestra control ya presentada y de esta manera verificar si existe variación en sus propiedades. En la tabla 22, se presentan los resultados obtenidos de la estabilidad modificada con un 1.5% de adición de aceite de palma; así mismo, los pesos secos, saturados y superficialmente secos de cada espécimen. Realizando tres muestras por cada temperatura a estudiar, variando cada 10°C la temperatura de compactación desde los 70°C hasta los 210°C.

Tabla 24. *Datos de estabilidad con ligante asfáltico modificado al 1.5%*

ÍTEM	TEMP	PESO SECO	PESO SSS	PESO SUM.	PESO ESPECIF. BULK	ESTABILIDAD	VOLUMEN	ESTAB. CORREGIDA
UND.		gr	gr	gr	kg/cm ³	kg	cm ³	kg
1	70°C	1241	1257	749	2.443	721.90	537.20	721.90
2		1254	1258	745	2.444	801.30	529.00	801.30
3		1252	1265	756	2.460	791.70	529.70	791.70
4	80°C	1236	1258	755	2.457	813.60	538.70	813.60
5		1246	1271	771	2.492	865.10	528.60	865.10
6		1244	1266	767	2.493	789.30	533.20	789.30
7	90°C	1240	1273	771	2.470	818.30	536.40	818.30
8		1235	1251	750	2.465	804.20	536.20	804.20
9		1240	1252	749	2.465	775.40	547.40	775.40
10	100°C	1255	1263	760	2.495	1106.20	537.70	1106.20
11		1255	1265	761	2.490	1049.80	544.00	1049.80
12		1239	1249	749	2.478	993.50	549.70	993.50
13	110°C	1249	1261	766	2.523	1159.60	522.20	1159.60
14		1238	1251	761	2.527	1116.60	524.50	1116.60
15		1258	1261	766	2.541	1081.80	543.70	1081.80

16	120°C	1241	1253	763	2.533	1136.60	540.60	1136.60
17		1236	1242	754	2.533	1132.80	540.30	1132.80
18		1242	1248	759	2.540	1035.90	533.70	1035.90
19	130°C	1244	1251	761	2.539	1151.90	541.90	1151.90
20		1246	1260	772	2.553	1173.00	550.20	1173.00
21		1237	1247	762	2.551	1102.90	543.70	1102.90
22	140°C	1243	1250	770	2.590	1133.70	545.10	1133.70
23		1247	1256	771	2.571	1234.10	541.60	1234.10
24		1245	1249	763	2.562	1080.30	544.10	1080.30
25	150°C	1237	1244	761	2.561	1168.70	537.20	1168.70
26		1243	1254	769	2.563	1249.60	545.50	1249.60
27		1251	1261	771	2.553	1240.10	534.10	1240.10
28	160°C	1251	1258	767	2.548	1398.50	544.90	1398.50
29		1259	1264	773	2.564	1421.10	547.60	1421.10
30		1233	1242	765	2.585	1329.40	545.20	1329.40
31	170°C	1237	1243	766	2.593	1374.20	536.30	1374.20
32		1257	1265	778	2.581	1349.00	544.00	1349.00
33		1250	1259	772	2.567	1270.90	549.30	1270.90
34	180°C	1245	1255	771	2.572	1219.50	533.00	1219.50
35		1255	1263	772	2.556	1174.20	534.10	1174.20
36		1237	1239	760	2.582	1132.60	531.30	1132.60
37	190°C	1247	1252	777	2.625	1089.50	538.70	1089.50
38		1240	1247	762	2.557	1139.40	531.00	1139.40
39		1244	1249	773	2.613	1079.00	561.00	1079.00
40	200°C	1242	1245	772	2.626	952.40	555.10	952.40
41		1239	1244	771	2.619	932.60	540.80	932.60
42		1242	1251	774	2.604	929.00	553.20	929.00
43	210°C	1243	1249	773	2.611	973.60	548.00	973.60
44		1238	1243	772	2.628	944.00	538.20	944.00
45		1234	1245	778	2.642	1017.90	557.70	1017.90

En la tabla 23, se muestran los resultados obtenidos de los especímenes elaborados con ligante asfáltico modificado con un 1.5% de adición de aceite de palma, obteniendo los valores de deformación, porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos en el agregado mineral que presenta la mezcla asfáltica

modificada a distintas temperaturas de compactación. Con la finalidad de comprobar su comportamiento gráfico y compararlo con la muestra control o sin modificar.

Tabla 25. Datos de flujo con ligante asfáltico modificado al 1.5%

ÍTEM	TEMP	%VACÍOS	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO	PESO ESPECÍFICO BULK DE AGREG.	% VMA	% VACÍOS LLENOS CON C.A.	FLUJO
UND.		%	kg/cm ³	kg/cm ³	%	%	mm
1	70°C	8.161	2.660	2.876	18.881	56.776	4.14
2		8.104	2.660	2.876	18.830	56.965	4.94
3		7.529	2.660	2.876	18.323	58.908	4.58
4	80°C	7.622	2.660	2.876	18.405	58.587	4.30
5		6.316	2.660	2.876	17.251	63.389	4.29
6		6.279	2.660	2.876	17.218	63.535	4.01
7	90°C	7.138	2.660	2.876	17.978	60.293	4.06
8		7.328	2.660	2.876	18.145	59.614	3.94
9		7.323	2.660	2.876	18.141	59.632	3.67
10	100°C	6.202	2.660	2.876	17.150	63.838	3.15
11		6.388	2.660	2.876	17.315	63.107	3.33
12		6.842	2.660	2.876	17.716	61.379	3.60
13	110°C	5.142	2.660	2.876	16.214	68.289	2.77
14		5.018	2.660	2.876	16.104	68.843	2.56
15		4.458	2.660	2.876	15.610	71.441	3.00
16	120°C	4.787	2.660	2.876	15.901	69.892	3.21
17		4.782	2.660	2.876	15.897	69.915	2.84
18		4.516	2.660	2.876	15.661	71.165	3.23
19	130°C	4.557	2.660	2.876	15.698	70.969	2.99
20		4.012	2.660	2.876	15.216	73.633	2.94
21		4.116	2.660	2.876	15.308	73.112	2.54
22	140°C	2.647	2.660	2.876	14.011	81.106	3.08
23		3.341	2.660	2.876	14.623	77.154	3.39
24		3.694	2.660	2.876	14.936	75.264	2.70

25	150°C	3.719	2.660	2.876	14.957	75.136	3.18
26		3.651	2.660	2.876	14.897	75.493	2.80
27		4.020	2.660	2.876	15.223	73.592	2.60
28	160°C	4.216	2.660	2.876	15.396	72.618	3.37
29		3.603	2.660	2.876	14.855	75.744	3.02
30		2.823	2.660	2.876	14.166	80.071	3.14
31	170°C	2.508	2.660	2.876	13.888	81.942	3.21
32		2.966	2.660	2.876	14.292	79.248	3.67
33		3.506	2.660	2.876	14.769	76.260	3.85
34	180°C	3.296	2.660	2.876	14.584	77.397	4.15
35		3.909	2.660	2.876	15.126	74.153	4.53
36		2.915	2.660	2.876	14.247	79.540	3.85
37	190°C	1.306	2.660	2.876	12.826	89.818	5.36
38		3.883	2.660	2.876	15.103	74.286	5.05
39		1.750	2.660	2.876	13.218	86.760	4.83
40	200°C	1.286	2.660	2.876	12.808	89.960	6.60
41		1.524	2.660	2.876	13.019	88.291	6.53
42		2.114	2.660	2.876	13.540	84.388	6.21
43	210°C	1.829	2.660	2.876	13.288	86.235	7.98
44		1.186	2.660	2.876	12.720	90.675	7.59
45		0.662	2.660	2.876	12.257	94.601	7.28

En las figuras 30, 31, 32 y 33, se muestra el comportamiento gráfico de las propiedades de estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos en el agregado mineral para el diseño de mezcla asfáltica modificada con un 1.5 % de adición de aceite de palma. Estas curvas tendencia presentan el mismo comportamiento que la mezcla asfáltica control con la cual será comparada para determinar el comportamiento del aceite de palma a distintos porcentajes de adición. En comparación con el análisis de tendencia anterior, se tiene que los valores de las temperaturas de 140°C hasta los 155°C mantienen las propiedades estables en comparación con los resultados de 160°C que es la temperatura recomendada por el ensayo de la metodología Marshall con mayor porcentaje de incidencia a medida que aumentó en 0.5% el porcentaje de aceite de palma; por lo tanto, es necesario

seguir aumentando este porcentaje y evaluar el comportamiento que presente.

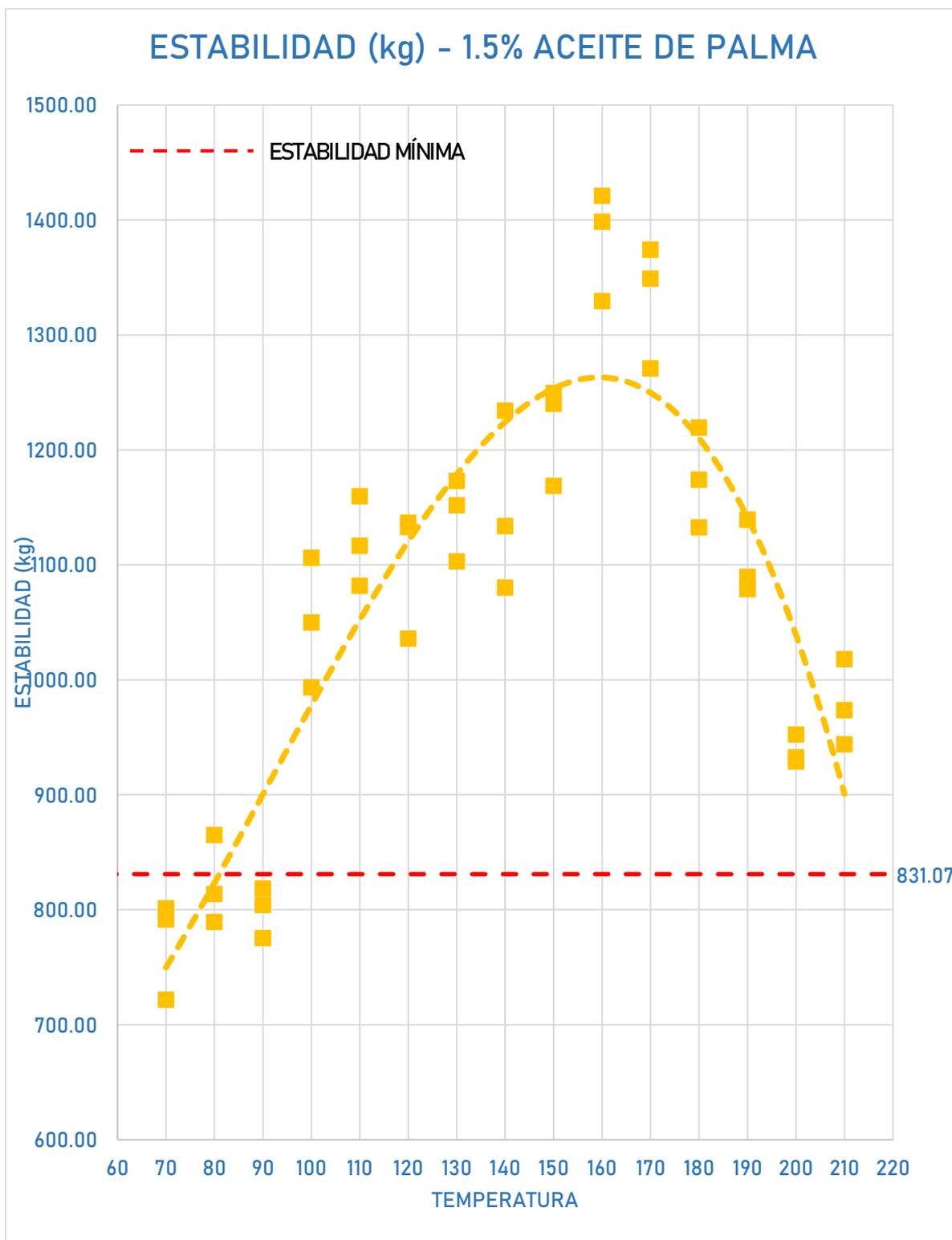


Figura 30. Valores de estabilidad modificada con 1.5% de adición de aceite de palma

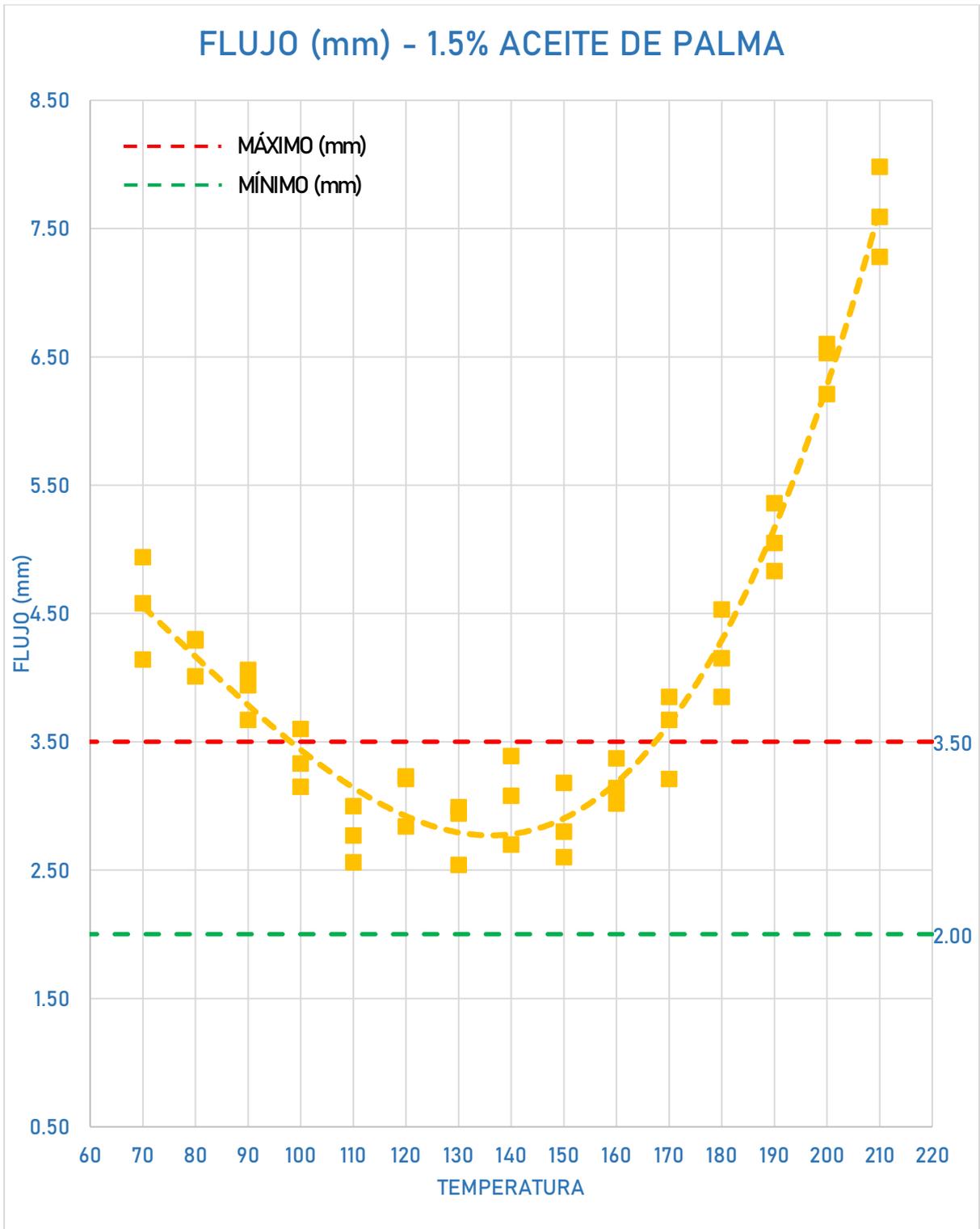


Figura 31. Valores de flujo modificado con 1.5% de adición de aceite de palma

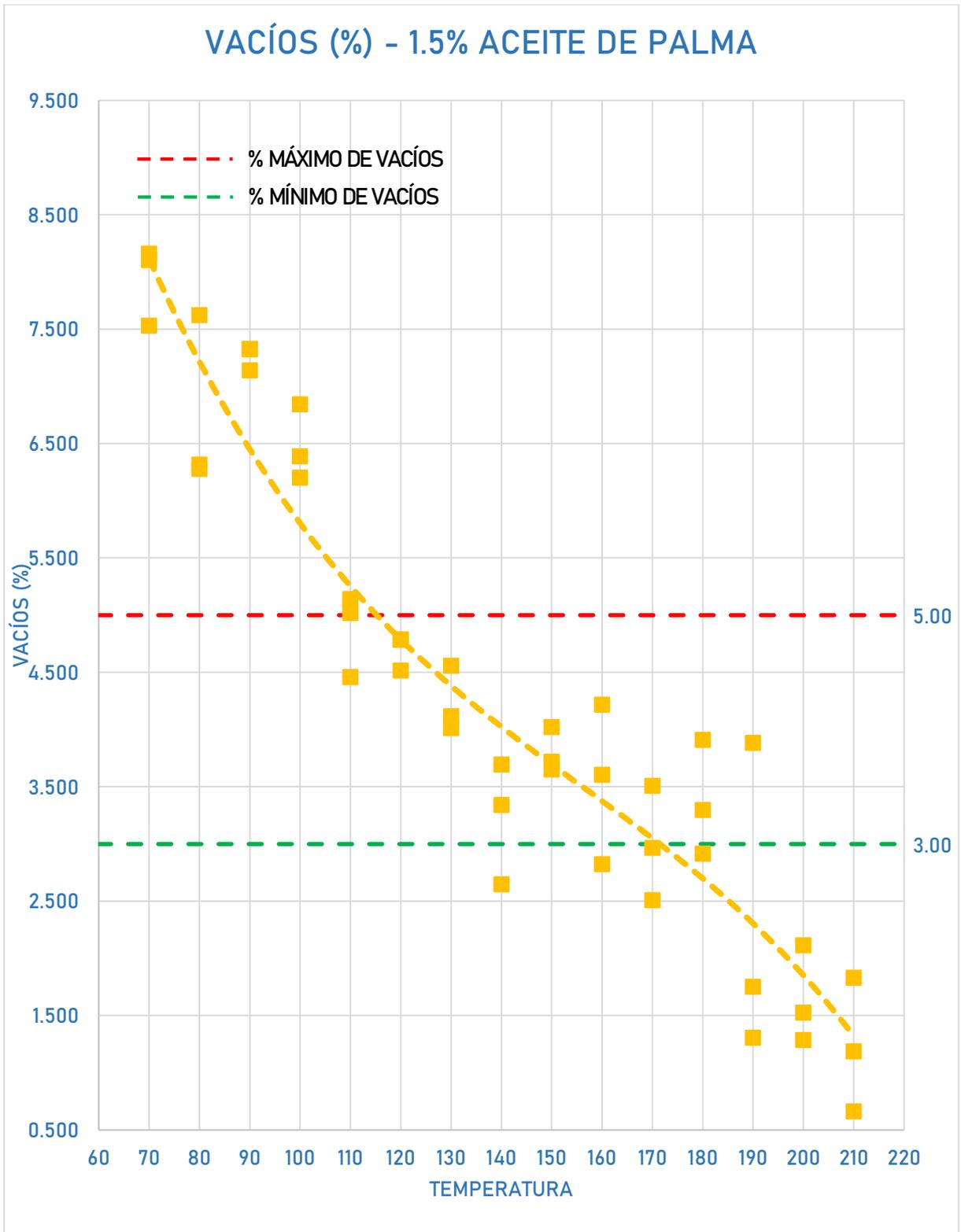


Figura 32. Porcentajes de vacíos modificado con 1.5% de adición de aceite de palma

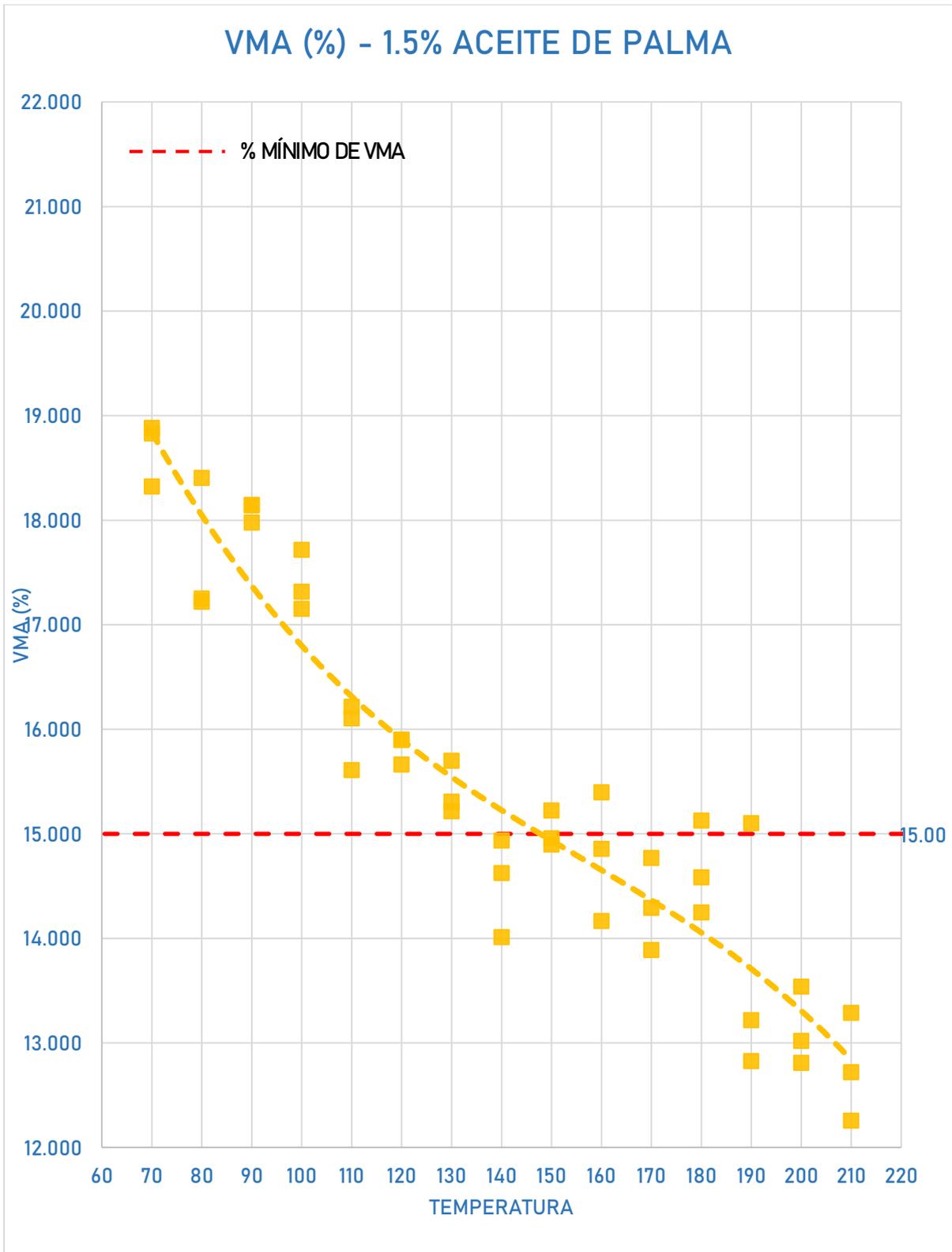


Figura 33. Porcentajes de VMA modificado con 1.5% de adición de aceite de palma

- MTC E 504 – PROPIEDADES MECÁNICAS – 2.0 % MODIFICADO**

Las propiedades mecánicas para la mezcla asfáltica elaborada para una adición de aceite de palma de 2.0% del peso del ligante asfáltico se tomaron en función a la misma variación de la temperatura en grados Celsius de la muestra control ya presentada y de esta manera verificar si existe variación en sus propiedades. En la tabla 24, se presentan los resultados obtenidos de la estabilidad modificada con un 2.0% de adición de aceite de palma; así mismo, los pesos secos, saturados y superficialmente secos de cada espécimen. Realizando tres muestras por cada temperatura a estudiar, variando cada 10°C la temperatura de compactación desde los 70°C hasta los 210°C.

Tabla 26. *Datos de estabilidad con ligante asfáltico modificado al 2.0%*

ÍTEM	TEMP	PESO SECO	PESO SSS	PESO SUM.	PESO ESPECIF. BULK	ESTABILIDAD	VOLUMEN	ESTAB. CORREGIDA
UND.		gr	gr	gr	kg/cm ³	kg	cm ³	kg
1	70°C	1243	1258	748	2.437	793.10	511.70	793.10
2		1255	1261	751	2.461	836.70	526.70	836.70
3		1251	1259	749	2.453	825.40	522.10	825.40
4	80°C	1237	1247	746	2.469	810.40	525.90	810.40
5		1247	1253	743	2.445	835.10	514.50	835.10
6		1245	1252	748	2.470	778.80	515.60	778.80
7	90°C	1241	1251	747	2.462	812.50	519.20	812.50
8		1237	1245	741	2.454	795.40	532.40	795.40
9		1241	1253	751	2.472	901.30	511.60	901.30
10	100°C	1258	1261	756	2.491	1097.50	527.10	1097.50
11		1254	1260	753	2.473	1007.30	512.40	1007.30
12		1240	1251	755	2.500	1021.70	512.20	1021.70
13	110°C	1251	1259	758	2.497	1205.50	531.20	1205.50
14		1239	1245	748	2.493	1127.90	511.00	1127.90
15		1259	1263	759	2.498	1136.40	512.30	1136.40

16	120°C	1242	1252	761	2.530	1229.40	521.70	1229.40
17		1237	1244	758	2.545	1248.90	520.10	1248.90
18		1244	1249	763	2.560	1120.10	512.80	1120.10
19	130°C	1245	1252	761	2.536	1162.30	528.20	1162.30
20		1247	1251	768	2.582	1172.70	529.20	1172.70
21		1239	1246	757	2.534	1068.60	518.10	1068.60
22	140°C	1245	1249	760	2.546	1154.70	521.70	1154.70
23		1248	1255	765	2.547	1196.70	518.20	1196.70
24		1247	1250	761	2.550	1046.80	523.90	1046.80
25	150°C	1238	1245	768	2.595	1123.40	518.40	1123.40
26		1245	1255	768	2.556	1211.60	515.90	1211.60
27		1254	1262	769	2.544	1263.10	526.20	1263.10
28	160°C	1252	1259	776	2.592	1409.00	516.80	1409.00
29		1260	1267	771	2.540	1392.90	531.20	1392.90
30		1234	1243	765	2.582	1327.50	523.50	1327.50
31	170°C	1239	1244	762	2.571	1368.10	535.40	1368.10
32		1260	1268	771	2.535	1362.50	517.70	1362.50
33		1253	1258	769	2.562	1334.80	529.90	1334.80
34	180°C	1246	1252	770	2.585	989.70	528.00	989.70
35		1258	1261	773	2.578	1106.70	516.70	1106.70
36		1238	1240	761	2.585	1134.30	533.10	1134.30
37	190°C	1249	1255	774	2.597	1123.20	530.10	1123.20
38		1241	1249	768	2.580	1128.00	535.80	1128.00
39		1246	1251	769	2.585	1133.60	526.70	1133.60
40	200°C	1244	1249	771	2.603	952.60	515.40	952.60
41		1240	1244	765	2.589	989.40	514.30	989.40
42		1244	1252	774	2.603	966.60	521.00	966.60
43	210°C	1245	1247	773	2.627	964.50	529.30	964.50
44		1240	1243	770	2.622	962.90	521.80	962.90
45		1236	1239	766	2.613	1028.10	511.50	1028.10

En la tabla 25, se muestran los resultados obtenidos de los especímenes elaborados con ligante asfáltico modificado con un 2.0% de adición de aceite de palma, obteniendo los valores de deformación, porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos en el agregado mineral que presenta la mezcla asfáltica

modificada a distintas temperaturas de compactación. Con la finalidad de comprobar su comportamiento gráfico y compararlo con la muestra control o sin modificar.

Tabla 27. Datos de flujo con ligante asfáltico modificado al 2.0%

ÍTEM	TEMP	%VACÍOS	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO	PESO ESPECÍFICO BULK DE AGREG.	% VMA	% VACÍOS LLENOS CON C.A.	FLUJO
UND.		%	kg/cm ³	kg/cm ³	%	%	mm
1	70°C	8.374	2.660	2.876	19.069	56.086	4.95
2		7.489	2.660	2.876	18.288	59.047	4.74
3		7.784	2.660	2.876	18.548	58.032	5.08
4	80°C	7.178	2.660	2.876	18.013	60.150	4.63
5		8.079	2.660	2.876	18.808	57.046	4.33
6		7.134	2.660	2.876	17.974	60.309	4.08
7	90°C	7.432	2.660	2.876	18.237	59.247	4.06
8		7.731	2.660	2.876	18.501	58.214	4.17
9		7.063	2.660	2.876	17.911	60.564	3.88
10	100°C	6.350	2.660	2.876	17.281	63.255	3.17
11		7.016	2.660	2.876	17.870	60.737	3.42
12		6.015	2.660	2.876	16.985	64.587	3.70
13	110°C	6.128	2.660	2.876	17.085	64.134	2.85
14		6.280	2.660	2.876	17.219	63.530	2.71
15		6.090	2.660	2.876	17.051	64.286	3.30
16	120°C	4.905	2.660	2.876	16.005	69.354	3.49
17		4.313	2.660	2.876	15.482	72.141	2.86
18		3.772	2.660	2.876	15.004	74.861	3.26
19	130°C	4.675	2.660	2.876	15.802	70.414	3.29
20		2.941	2.660	2.876	14.270	79.393	3.23
21		4.747	2.660	2.876	15.865	70.082	2.65
22	140°C	4.285	2.660	2.876	15.458	72.277	3.23
23		4.250	2.660	2.876	15.427	72.448	3.46
24		4.131	2.660	2.876	15.322	73.035	2.86

25	150°C	2.429	2.660	2.876	13.818	82.421	3.21
26		3.892	2.660	2.876	15.110	74.242	3.05
27		4.376	2.660	2.876	15.537	71.838	2.83
28	160°C	2.551	2.660	2.876	13.926	81.679	2.93
29		4.499	2.660	2.876	15.646	71.245	3.26
30		2.948	2.660	2.876	14.276	79.352	2.95
31	170°C	3.363	2.660	2.876	14.643	77.032	3.56
32		4.691	2.660	2.876	15.816	70.339	4.10
33		3.670	2.660	2.876	14.914	75.391	3.83
34	180°C	2.817	2.660	2.876	14.161	80.106	4.52
35		3.088	2.660	2.876	14.400	78.558	4.49
36		2.836	2.660	2.876	14.178	79.994	4.18
37	190°C	2.381	2.660	2.876	13.775	82.718	5.82
38		3.006	2.660	2.876	14.328	79.020	5.65
39		2.817	2.660	2.876	14.161	80.106	5.13
40	200°C	2.161	2.660	2.876	13.581	84.087	7.38
41		2.679	2.660	2.876	14.039	80.914	7.16
42		2.161	2.660	2.876	13.581	84.087	6.75
43	210°C	1.256	2.660	2.876	12.782	90.171	7.66
44		1.445	2.660	2.876	12.949	88.841	8.17
45		1.763	2.660	2.876	13.230	86.675	7.92

En las figuras 34, 35, 36 y 37, se muestra el comportamiento gráfico de las propiedades de estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos en el agregado mineral para el diseño de mezcla asfáltica modificada con un 2.0 % de adición de aceite de palma. Estas curvas tendencia presentan el mismo comportamiento que la mezcla asfáltica control con la cual será comparada para determinar el comportamiento del aceite de palma a distintos porcentajes de adición. En comparación con el análisis de tendencia anterior, se tiene que los valores de las temperaturas de 135°C hasta los 155°C mantienen las propiedades estables en comparación con los resultados de 160°C que es la temperatura recomendada por el ensayo de la metodología Marshall con mayor porcentaje de incidencia a medida que aumentó en 0.5% el porcentaje de aceite de palma; por lo tanto, es necesario

seguir aumentando este porcentaje y evaluar el comportamiento que presente.

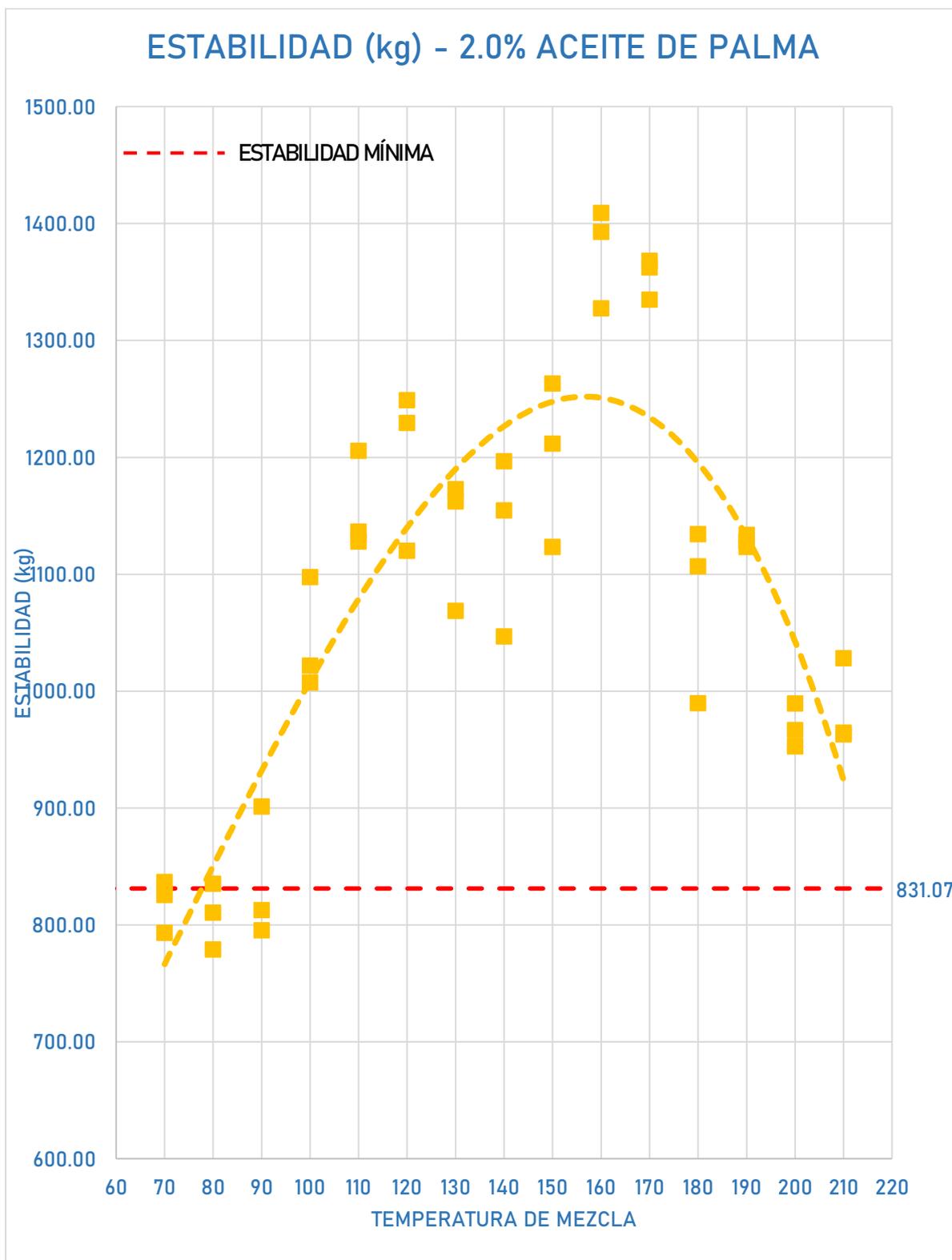


Figura 34. Valores de estabilidad modificada con 2.0% de adición de aceite de palma

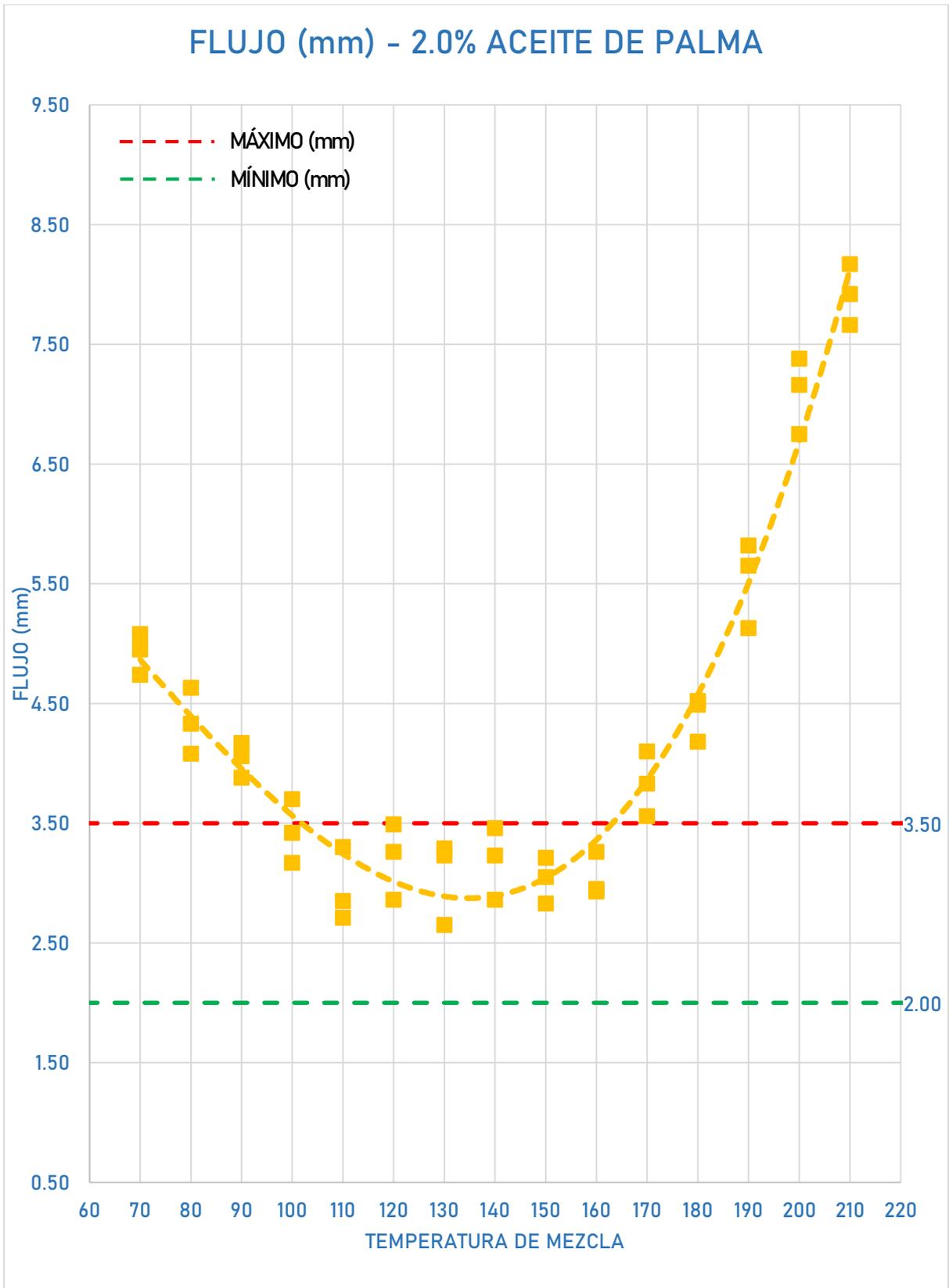


Figura 35. Valores de flujo modificado con 2.0% de adición de aceite de palma

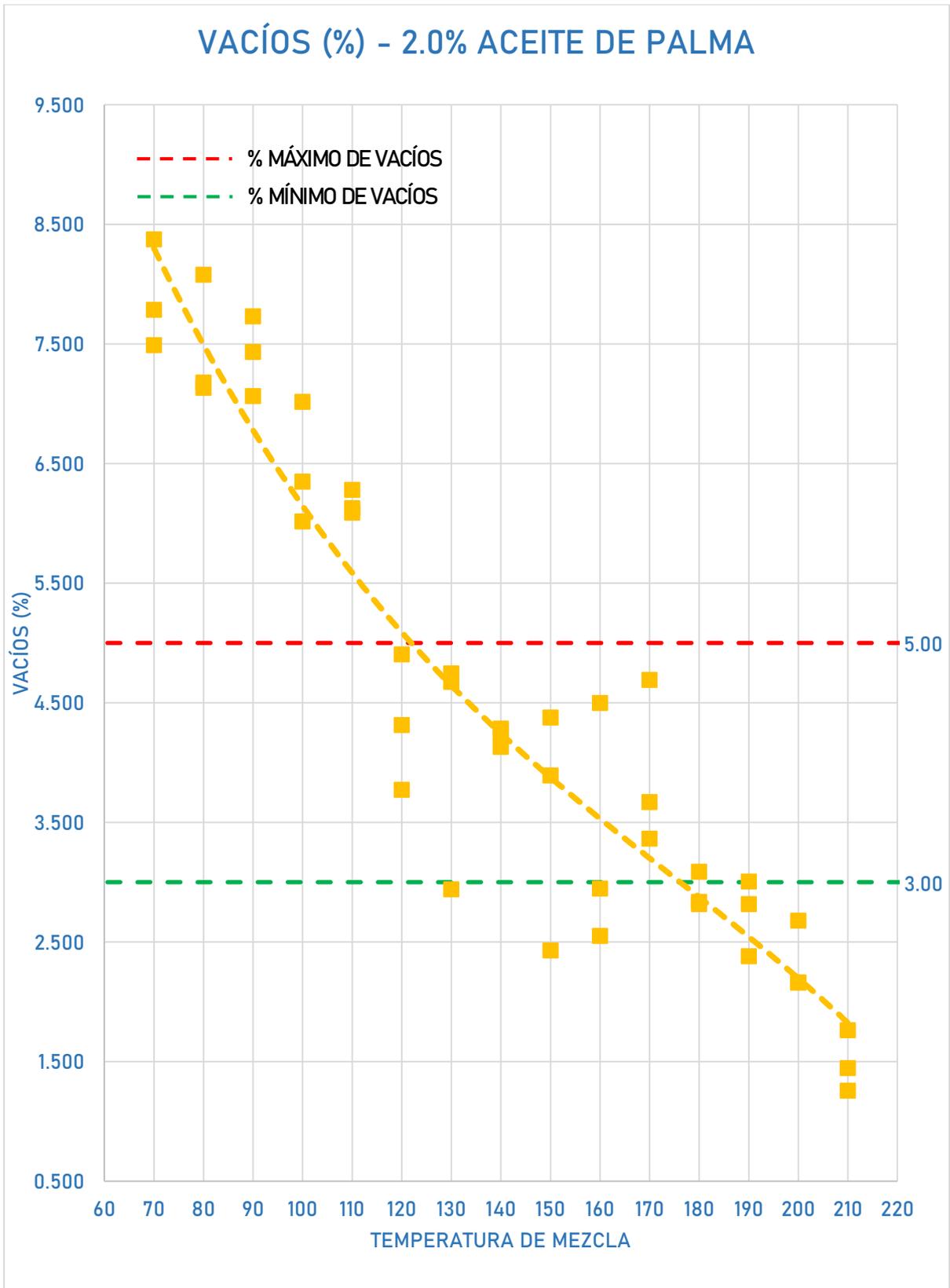


Figura 36. Porcentaje de vacíos modificado con 2.0% de adición de aceite de palma

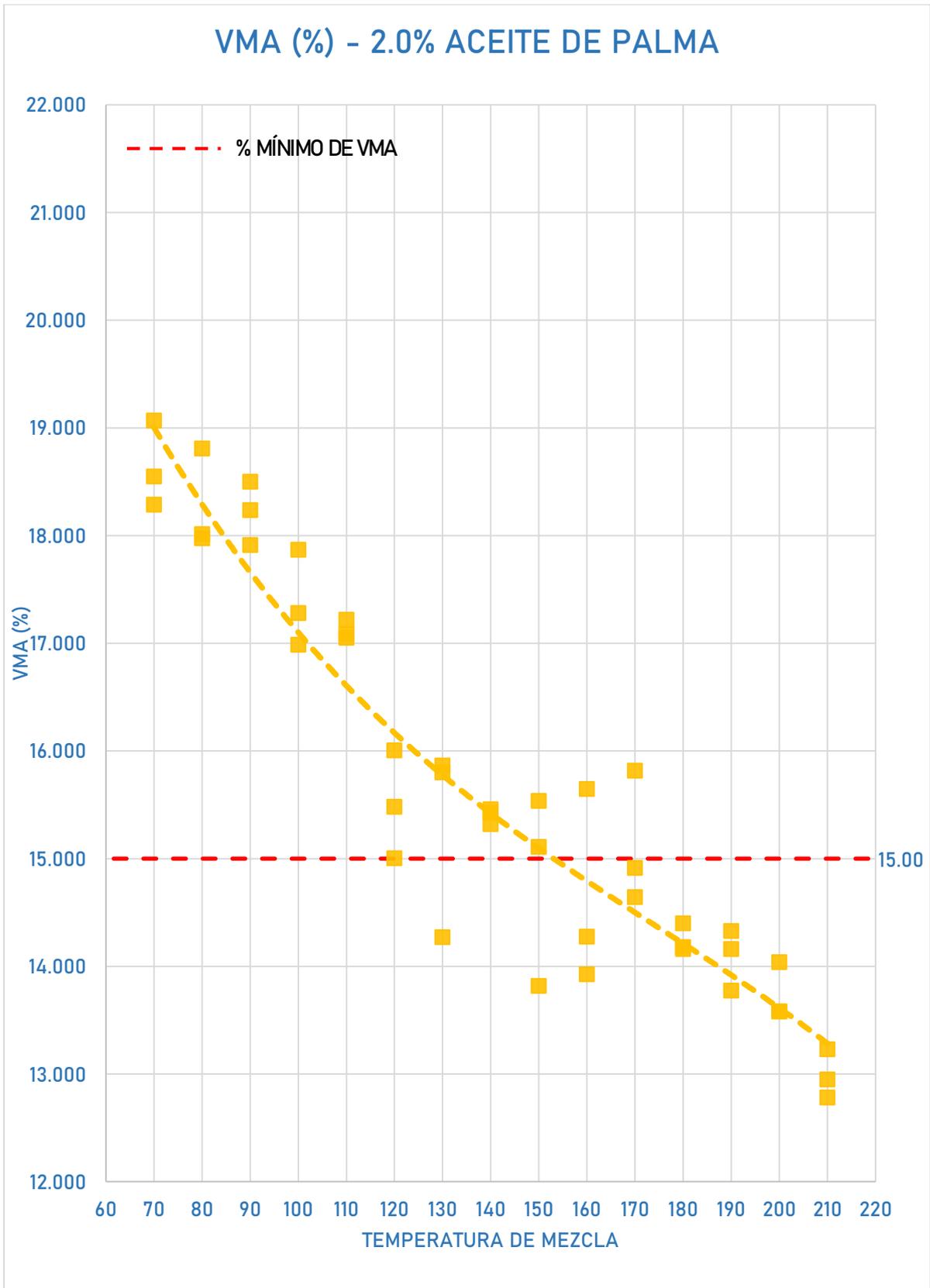


Figura 37. Porcentaje de VMA modificado con 2.0% de adición de aceite de palma

- **MTC E 504 – PROPIEDADES MECÁNICAS – 2.5 % MODIFICADO**

Las propiedades mecánicas para la mezcla asfáltica elaborada para una adición de aceite de palma de 2.5% del peso del ligante asfáltico se tomaron en función a la misma variación de la temperatura en grados Celsius de la muestra control ya presentada y de esta manera verificar si existe variación en sus propiedades. En la tabla 26, se presentan los resultados obtenidos de la estabilidad modificada con un 2.5% de adición de aceite de palma; así mismo, los pesos secos, saturados y superficialmente secos de cada espécimen. Realizando tres muestras por cada temperatura a estudiar, variando cada 10°C la temperatura de compactación desde los 70°C hasta los 210°C.

Tabla 28. *Datos de estabilidad con ligante asfáltico modificado al 2.5%*

ÍTEM	TEMP	PESO SECO	PESO SSS	PESO SUM.	PESO ESPECIF. BULK	ESTABILIDAD	VOLUMEN	ESTAB. CORREGIDA
UND.		gr	gr	gr	kg/cm ³	kg	cm ³	kg
1	70°C	1244	1258	749	2.444	799.10	531.00	799.10
2		1247	1261	752	2.450	841.20	532.70	841.20
3		1242	1255	749	2.455	871.30	516.30	871.30
4	80°C	1235	1249	744	2.446	834.70	531.50	834.70
5		1241	1253	746	2.448	860.20	517.60	860.20
6		1246	1252	743	2.448	828.80	530.00	828.80
7	90°C	1243	1251	747	2.466	879.90	511.70	879.90
8		1238	1245	742	2.461	827.40	528.10	827.40
9		1241	1252	745	2.448	819.10	526.90	819.10
10	100°C	1250	1258	757	2.495	1121.30	528.00	1121.30
11		1257	1260	755	2.489	1079.00	529.10	1079.00
12		1243	1250	748	2.476	1032.50	512.80	1032.50
13	110°C	1253	1259	751	2.467	1229.70	532.80	1229.70
14		1239	1248	747	2.473	1161.70	528.90	1161.70
15		1259	1263	756	2.483	1147.90	530.20	1147.90

16	120°C	1244	1252	762	2.539	1218.20	533.30	1218.20
17		1239	1244	760	2.560	1286.30	524.60	1286.30
18		1245	1249	759	2.541	1131.60	529.60	1131.60
19	130°C	1246	1252	762	2.543	1182.50	517.10	1182.50
20		1249	1251	763	2.559	1207.60	529.80	1207.60
21		1241	1246	759	2.548	1193.20	515.60	1193.20
22	140°C	1247	1251	762	2.550	1154.10	517.00	1154.10
23		1249	1255	766	2.554	1233.50	517.50	1233.50
24		1249	1250	762	2.559	1120.30	533.30	1120.30
25	150°C	1239	1246	758	2.539	1224.50	512.00	1224.50
26		1247	1255	767	2.555	1275.30	512.50	1275.30
27		1257	1262	770	2.555	1348.40	535.50	1348.40
28	160°C	1255	1259	770	2.566	1319.40	532.70	1319.40
29		1263	1267	773	2.557	1307.60	525.80	1307.60
30		1236	1243	762	2.570	1354.10	530.40	1354.10
31	170°C	1241	1244	761	2.569	1336.00	523.30	1336.00
32		1261	1268	773	2.547	1276.10	515.30	1276.10
33		1256	1258	770	2.574	1322.20	530.00	1322.20
34	180°C	1247	1252	762	2.545	1219.80	529.80	1219.80
35		1259	1261	771	2.569	1162.50	513.10	1162.50
36		1240	1240	759	2.578	1118.10	535.80	1118.10
37	190°C	1250	1255	772	2.588	1120.50	513.00	1120.50
38		1243	1249	769	2.590	1094.70	522.10	1094.70
39		1248	1251	766	2.573	1007.60	531.80	1007.60
40	200°C	1246	1249	773	2.618	1030.00	518.20	1030.00
41		1242	1244	766	2.598	1041.40	526.30	1041.40
42		1246	1252	775	2.612	1013.50	524.70	1013.50
43	210°C	1246	1247	770	2.612	1012.20	528.40	1012.20
44		1241	1243	771	2.629	1041.00	512.20	1041.00
45		1237	1239	767	2.621	1049.90	525.90	1049.90

En la tabla 27, se muestran los resultados obtenidos de los especímenes elaborados con ligante asfáltico modificado con un 2.5% de adición de aceite de palma, obteniendo los valores de deformación, porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos en el agregado mineral que presenta la mezcla asfáltica

modificada a distintas temperaturas de compactación. Con la finalidad de comprobar su comportamiento gráfico y compararlo con la muestra control o sin modificar.

Tabla 29. Datos de flujo con ligante asfáltico modificado al 2.5%

ÍTEM	TEMP	%VACÍOS	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO	PESO ESPECÍFICO BULK DE AGREG.	% VMA	% VACÍOS LLENOS CON C.A.	FLUJO
UND.		%	kg/cm ³	kg/cm ³	%	%	mm
1	70°C	8.120	2.660	2.876	18.845	56.911	4.94
2		7.898	2.660	2.876	18.649	57.647	5.32
3		7.724	2.660	2.876	18.495	58.238	5.01
4	80°C	8.062	2.660	2.876	18.794	57.101	4.83
5		7.980	2.660	2.876	18.721	57.374	4.91
6		7.972	2.660	2.876	18.714	57.400	4.31
7	90°C	7.283	2.660	2.876	18.105	59.774	4.24
8		7.472	2.660	2.876	18.273	59.106	4.24
9		7.980	2.660	2.876	18.721	57.374	3.91
10	100°C	6.203	2.660	2.876	17.151	63.835	3.32
11		6.424	2.660	2.876	17.347	62.965	3.54
12		6.914	2.660	2.876	17.779	61.113	3.86
13	110°C	7.273	2.660	2.876	18.097	59.810	3.03
14		7.028	2.660	2.876	17.880	60.694	2.83
15		6.645	2.660	2.876	17.542	62.118	3.47
16	120°C	4.557	2.660	2.876	15.698	70.969	3.28
17		3.763	2.660	2.876	14.996	74.910	3.02
18		4.481	2.660	2.876	15.630	71.334	3.45
19	130°C	4.404	2.660	2.876	15.562	71.702	3.23
20		3.781	2.660	2.876	15.012	74.814	3.37
21		4.201	2.660	2.876	15.383	72.691	2.70
22	140°C	4.131	2.660	2.876	15.322	73.035	3.14
23		3.978	2.660	2.876	15.186	73.806	3.52
24		3.781	2.660	2.876	15.012	74.814	3.04

25	150°C	4.551	2.660	2.876	15.693	70.997	3.24
26		3.935	2.660	2.876	15.148	74.023	3.13
27		3.952	2.660	2.876	15.163	73.937	2.83
28	160°C	3.516	2.660	2.876	14.778	76.206	3.04
29		3.884	2.660	2.876	15.103	74.282	3.46
30		3.397	2.660	2.876	14.673	76.850	3.17
31	170°C	3.408	2.660	2.876	14.682	76.791	3.84
32		4.230	2.660	2.876	15.409	72.547	4.25
33		3.242	2.660	2.876	14.536	77.698	4.03
34	180°C	4.327	2.660	2.876	15.495	72.073	4.72
35		3.406	2.660	2.876	14.681	76.797	4.59
36		3.084	2.660	2.876	14.397	78.577	4.40
37	190°C	2.707	2.660	2.876	14.064	80.751	5.78
38		2.647	2.660	2.876	14.011	81.106	6.07
39		3.263	2.660	2.876	14.555	77.579	5.63
40	200°C	1.592	2.660	2.876	13.079	87.826	7.60
41		2.319	2.660	2.876	13.720	83.101	7.52
42		1.799	2.660	2.876	13.261	86.438	7.28
43	210°C	1.799	2.660	2.876	13.261	86.438	8.35
44		1.156	2.660	2.876	12.694	90.889	8.19
45		1.475	2.660	2.876	12.975	88.632	8.21

En las figuras 38, 39, 40 y 41, se muestra el comportamiento gráfico de las propiedades de estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos en el agregado mineral para el diseño de mezcla asfáltica modificada con un 2.5 % de adición de aceite de palma. Estas curvas tendencia presentan el mismo comportamiento que la mezcla asfáltica control con la cual será comparada para determinar el comportamiento del aceite de palma a distintos porcentajes de adición. En comparación con el análisis de tendencia anterior, se tiene que los valores de las temperaturas de 135°C hasta los 155°C mantienen las propiedades estables en comparación con los resultados de 160°C que es la temperatura recomendada por el ensayo de la metodología Marshall con mayor porcentaje de incidencia a medida que aumentó en 0.5% el porcentaje de aceite de palma; por lo tanto, es necesario

seguir aumentando este porcentaje y evaluar el comportamiento que presente.

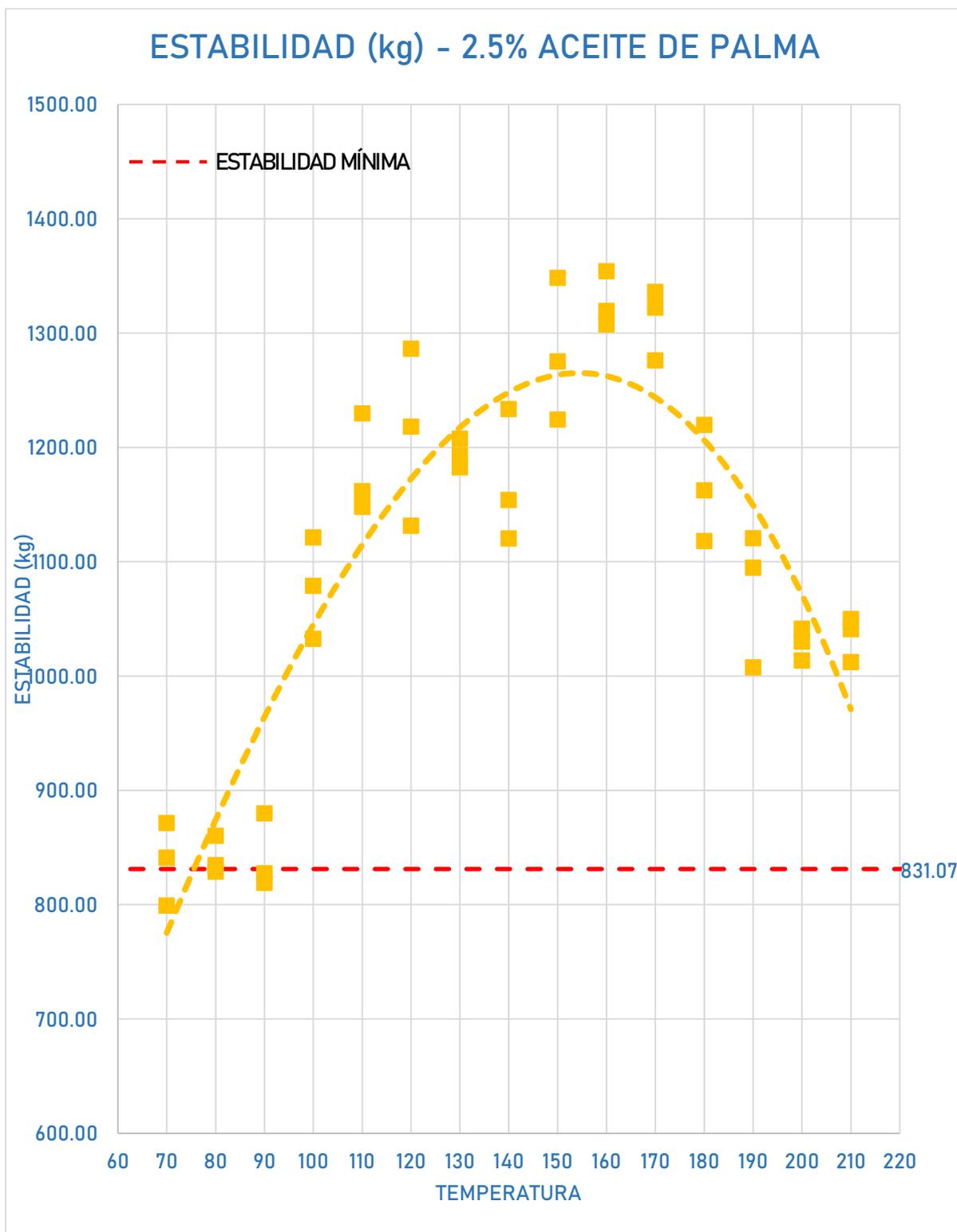


Figura 38. Valores de estabilidad modificada con 2.5% de adición de aceite de palma

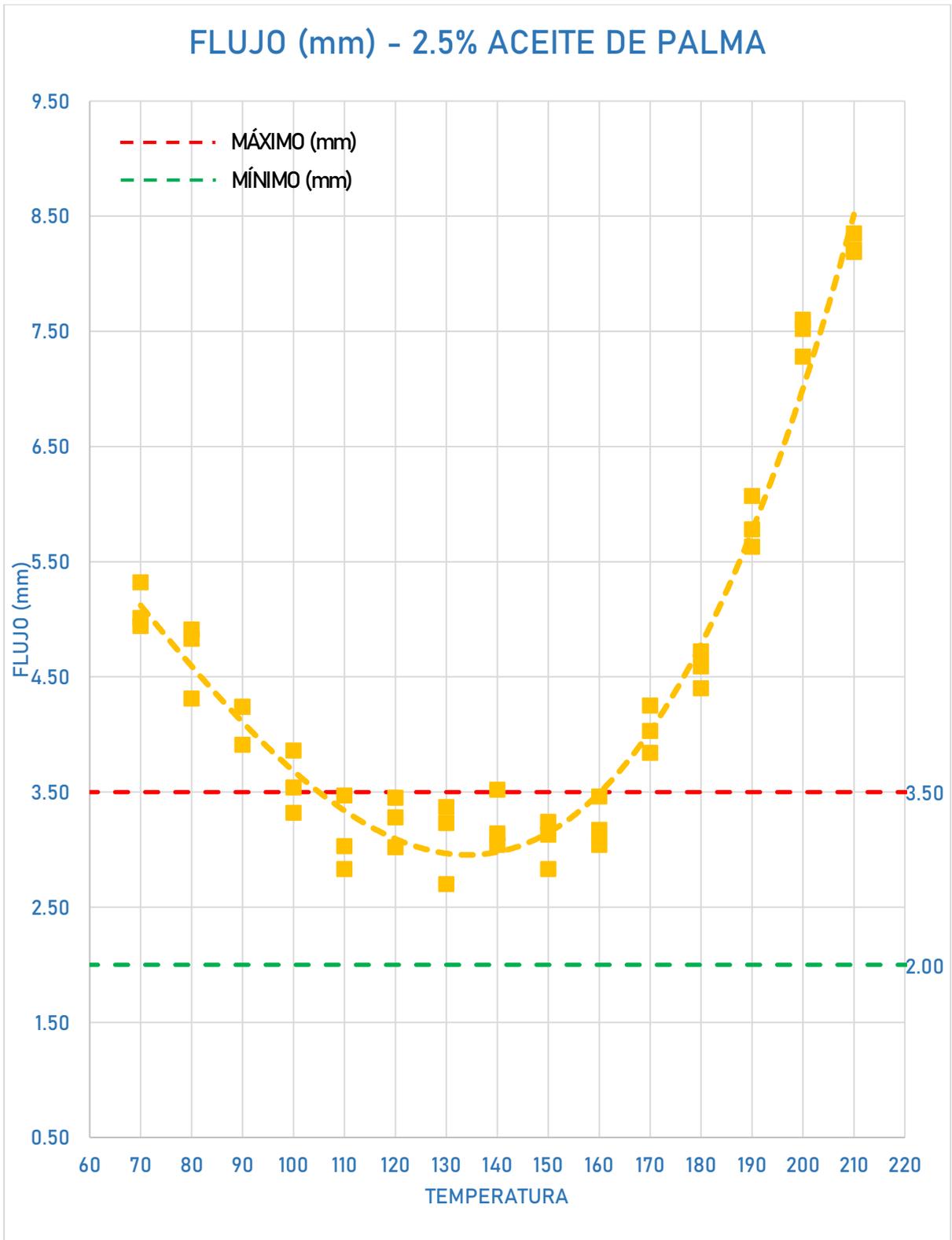


Figura 39. Valores de flujo modificado con 2.5% de adición de aceite de palma

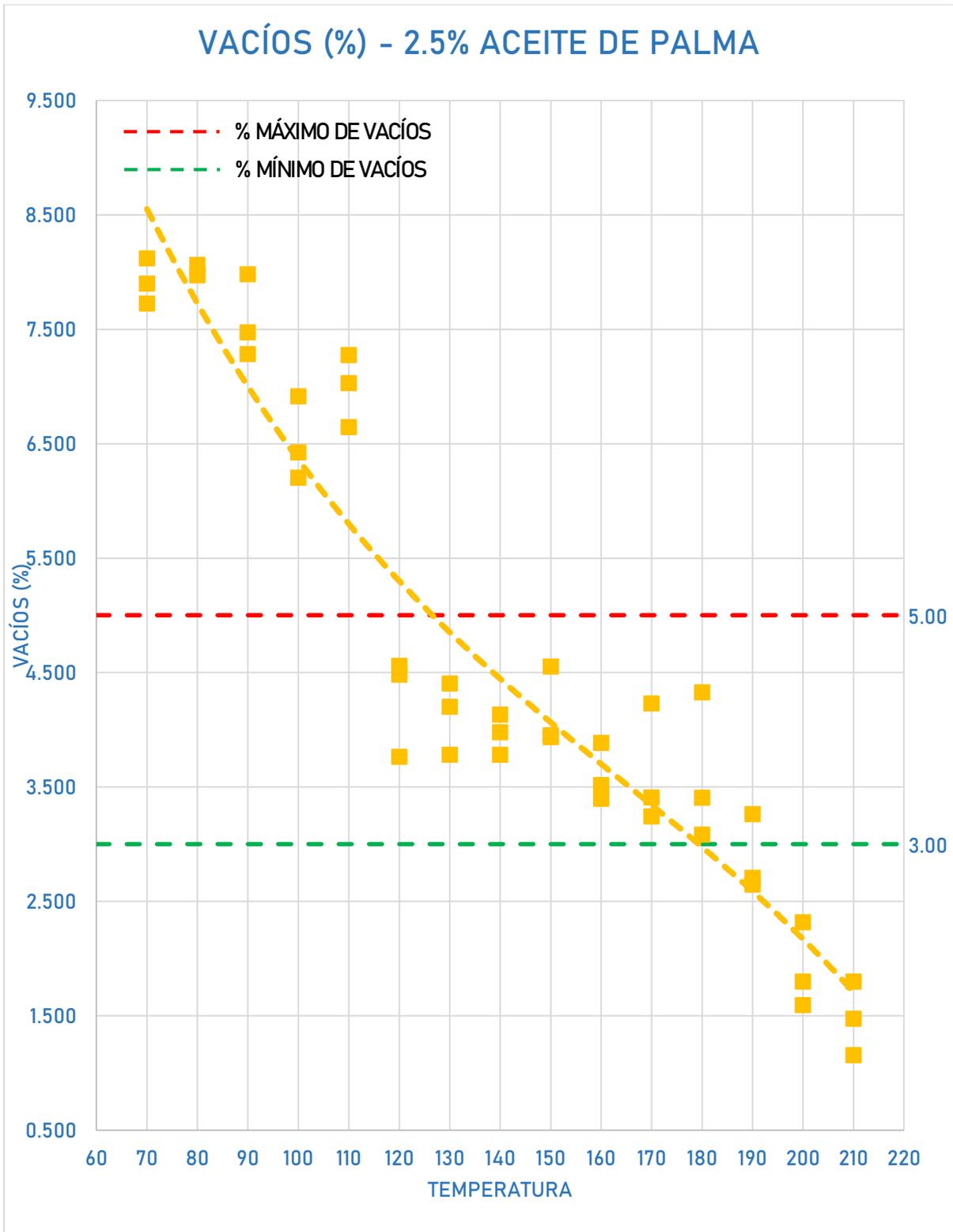


Figura 40. Porcentajes de vacíos modificado con 2.5% de adición de aceite de palma

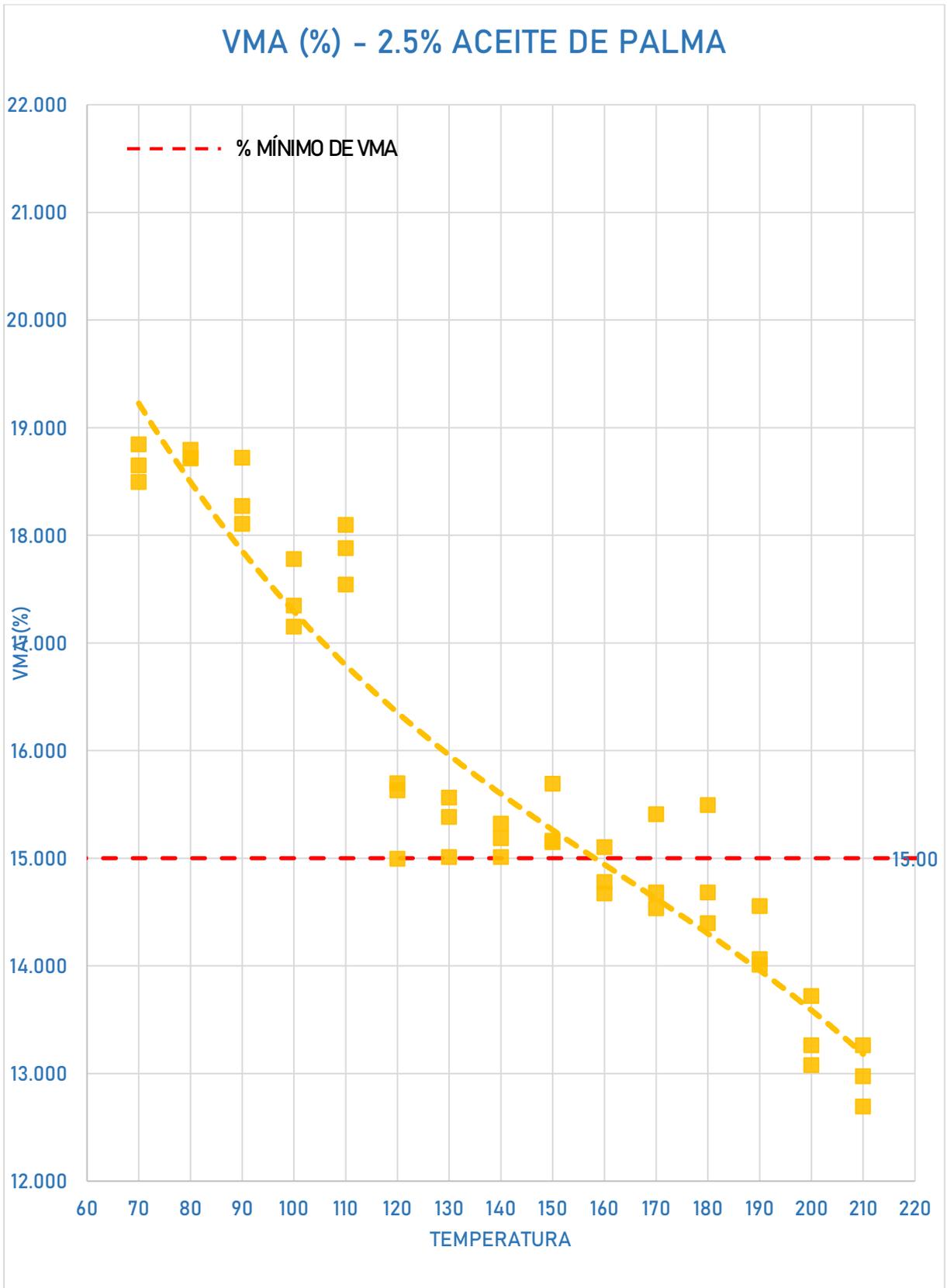


Figura 41. Porcentajes de VMA modificado con 2.5% de adición de aceite de palma

- **MTC E 504 – PROPIEDADES MECÁNICAS – 3.0 % MODIFICADO**

Las propiedades mecánicas para la mezcla asfáltica elaborada para una adición de aceite de palma de 3.0% del peso del ligante asfáltico se tomaron en función a la misma variación de la temperatura en grados Celsius de la muestra control ya presentada y de esta manera verificar si existe variación en sus propiedades. En la tabla 28, se presentan los resultados obtenidos de la estabilidad modificada con un 3.0% de adición de aceite de palma; así mismo, los pesos secos, saturados y superficialmente secos de cada espécimen. Realizando tres muestras por cada temperatura a estudiar, variando cada 10°C la temperatura de compactación desde los 70°C hasta los 210°C.

Tabla 30. *Datos de estabilidad con ligante asfáltico modificado al 3.0%*

ÍTEM	TEMP	PESO SECO	PESO SSS	PESO SUM.	PESO ESPECIF. BULK	ESTABILIDAD	VOLUMEN	ESTAB. CORREGIDA
UND.		gr	gr	gr	kg/cm ³	kg	cm ³	kg
1	70°C	1244	1258	746	2.430	889.20	520.10	889.20
2		1245	1261	746	2.417	871.60	523.50	871.60
3		1244	1257	741	2.411	891.40	512.90	891.40
4	80°C	1253	1267	746	2.405	882.10	523.80	882.10
5		1245	1255	750	2.465	899.40	529.10	899.40
6		1241	1258	749	2.438	830.30	515.30	830.30
7	90°C	1241	1248	753	2.507	907.50	525.10	907.50
8		1254	1263	761	2.498	997.10	519.10	997.10
9		1234	1249	754	2.493	913.80	511.90	913.80
10	100°C	1233	1260	766	2.496	979.50	514.50	979.50
11		1243	1260	762	2.496	1083.70	513.40	1083.70
12		1232	1261	763	2.474	954.60	517.40	954.60
13	110°C	1239	1251	763	2.539	1104.50	513.40	1104.50
14		1249	1260	762	2.508	986.90	515.30	986.90
15		1245	1264	765	2.495	1072.00	514.30	1072.00

16	120°C	1235	1255	764	2.515	1299.20	511.10	1299.20
17		1243	1268	766	2.476	1323.70	516.70	1323.70
18		1236	1255	760	2.497	1307.10	516.90	1307.10
19	130°C	1244	1252	760	2.528	1353.60	518.50	1353.60
20		1239	1248	753	2.503	1386.50	518.70	1386.50
21		1251	1271	768	2.487	1368.00	523.30	1368.00
22	140°C	1243	1250	765	2.563	1321.90	513.20	1321.90
23		1235	1252	753	2.475	1371.90	512.60	1371.90
24		1234	1257	767	2.518	1389.60	516.00	1389.60
25	150°C	1232	1255	766	2.519	1265.60	526.60	1265.60
26		1242	1251	765	2.556	1214.10	514.90	1214.10
27		1233	1248	765	2.553	1271.70	524.30	1271.70
28	160°C	1238	1258	772	2.547	1177.00	528.70	1177.00
29		1232	1240	767	2.605	1229.80	522.70	1229.80
30		1238	1250	771	2.585	1285.80	521.00	1285.80
31	170°C	1243	1253	772	2.584	1211.90	510.90	1211.90
32		1233	1259	766	2.501	1208.70	518.20	1208.70
33		1234	1248	774	2.603	1204.10	527.20	1204.10
34	180°C	1246	1261	769	2.533	1227.40	523.20	1227.40
35		1251	1259	768	2.548	1168.00	525.60	1168.00
36		1237	1246	774	2.621	1231.90	515.70	1231.90
37	190°C	1234	1258	780	2.582	1210.60	516.00	1210.60
38		1248	1256	776	2.600	1191.00	516.60	1191.00
39		1236	1249	775	2.608	1160.70	515.50	1160.70
40	200°C	1232	1241	766	2.594	1035.80	519.00	1035.80
41		1248	1258	778	2.600	1068.80	524.90	1068.80
42		1251	1263	785	2.617	1117.90	528.90	1117.90
43	210°C	1236	1256	779	2.591	1034.10	519.10	1034.10
44		1233	1241	765	2.590	1056.20	511.30	1056.20
45		1238	1245	767	2.590	1006.70	517.90	1006.70

En la tabla 29, se muestran los resultados obtenidos de los especímenes elaborados con ligante asfáltico modificado con un 3.0% de adición de aceite de palma, obteniendo los valores de deformación, porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos en el agregado mineral que presenta la mezcla asfáltica

modificada a distintas temperaturas de compactación. Con la finalidad de comprobar su comportamiento gráfico y compararlo con la muestra control o sin modificar.

Tabla 31. *Datos de flujo con ligante asfáltico modificado al 3.0%*

ÍTEM	TEMP	%VACÍOS	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO	PESO ESPECÍFICO BULK DE AGREG.	% VMA	% VACÍOS LLENOS CON C.A.	FLUJO
UND.		%	kg/cm ³	kg/cm ³	%	%	mm
1	70°C	8.658	2.660	2.876	19.320	55.185	5.10
2		9.117	2.660	2.876	19.726	53.779	5.54
3		9.366	2.660	2.876	19.946	53.040	5.28
4	80°C	9.587	2.660	2.876	20.140	52.400	5.15
5		7.318	2.660	2.876	18.136	59.651	5.02
6		8.342	2.660	2.876	19.040	56.190	4.64
7	90°C	5.749	2.660	2.876	16.751	65.678	4.73
8		6.090	2.660	2.876	17.052	64.285	4.59
9		6.281	2.660	2.876	17.220	63.526	4.38
10	100°C	6.167	2.660	2.876	17.120	63.976	3.40
11		6.166	2.660	2.876	17.119	63.981	3.73
12		6.996	2.660	2.876	17.852	60.809	3.85
13	110°C	4.551	2.660	2.876	15.693	70.997	3.14
14		5.713	2.660	2.876	16.719	65.828	2.97
15		6.203	2.660	2.876	17.152	63.832	3.56
16	120°C	5.441	2.660	2.876	16.478	66.982	3.47
17		6.914	2.660	2.876	17.779	61.113	2.96
18		6.129	2.660	2.876	17.086	64.129	3.63
19	130°C	4.945	2.660	2.876	16.041	69.170	3.27
20		5.901	2.660	2.876	16.885	65.051	3.09
21		6.501	2.660	2.876	17.414	62.670	2.67
22	140°C	3.651	2.660	2.876	14.897	75.493	3.36
23		6.957	2.660	2.876	17.817	60.955	2.99
24		5.325	2.660	2.876	16.375	67.485	3.01

25	150°C	5.285	2.660	2.876	16.340	67.659	3.66
26		3.926	2.660	2.876	15.141	74.067	3.42
27		4.030	2.660	2.876	15.232	73.541	3.26
28	160°C	4.236	2.660	2.876	15.414	72.519	3.15
29		2.081	2.660	2.876	13.510	84.599	3.71
30		2.836	2.660	2.876	14.178	79.994	3.41
31	170°C	2.850	2.660	2.876	14.189	79.917	3.92
32		5.977	2.660	2.876	16.952	64.742	4.28
33		2.129	2.660	2.876	13.553	84.293	4.46
34	180°C	4.792	2.660	2.876	15.906	69.869	4.98
35		4.216	2.660	2.876	15.396	72.618	4.79
36		1.475	2.660	2.876	12.975	88.632	4.50
37	190°C	2.948	2.660	2.876	14.276	79.352	6.55
38		2.256	2.660	2.876	13.665	83.493	6.31
39		1.970	2.660	2.876	13.413	85.311	5.69
40	200°C	2.493	2.660	2.876	13.875	82.031	7.73
41		2.256	2.660	2.876	13.665	83.493	7.67
42		1.611	2.660	2.876	13.095	87.700	7.29
43	210°C	2.587	2.660	2.876	13.957	81.467	8.71
44		2.619	2.660	2.876	13.986	81.274	9.08
45		2.633	2.660	2.876	13.998	81.189	8.41

En las figuras 42, 43, 44 y 45, se muestra el comportamiento gráfico de las propiedades de estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos en el agregado mineral para el diseño de mezcla asfáltica modificada con un 3.0 % de adición de aceite de palma. Estas curvas tendencia presentan el mismo comportamiento que la mezcla asfáltica control con la cual será comparada para determinar el comportamiento del aceite de palma a distintos porcentajes de adición. En comparación con el análisis de tendencia anterior, se tiene que los valores de las temperaturas de 130°C hasta los 155°C mantienen las propiedades estables en comparación con los resultados de 160°C que es la temperatura recomendada por el ensayo de la metodología Marshall con mayor porcentaje de incidencia a medida que aumentó en 0.5% el porcentaje de aceite de palma; por lo tanto, es necesario

seguir aumentando este porcentaje y evaluar el comportamiento que presente.

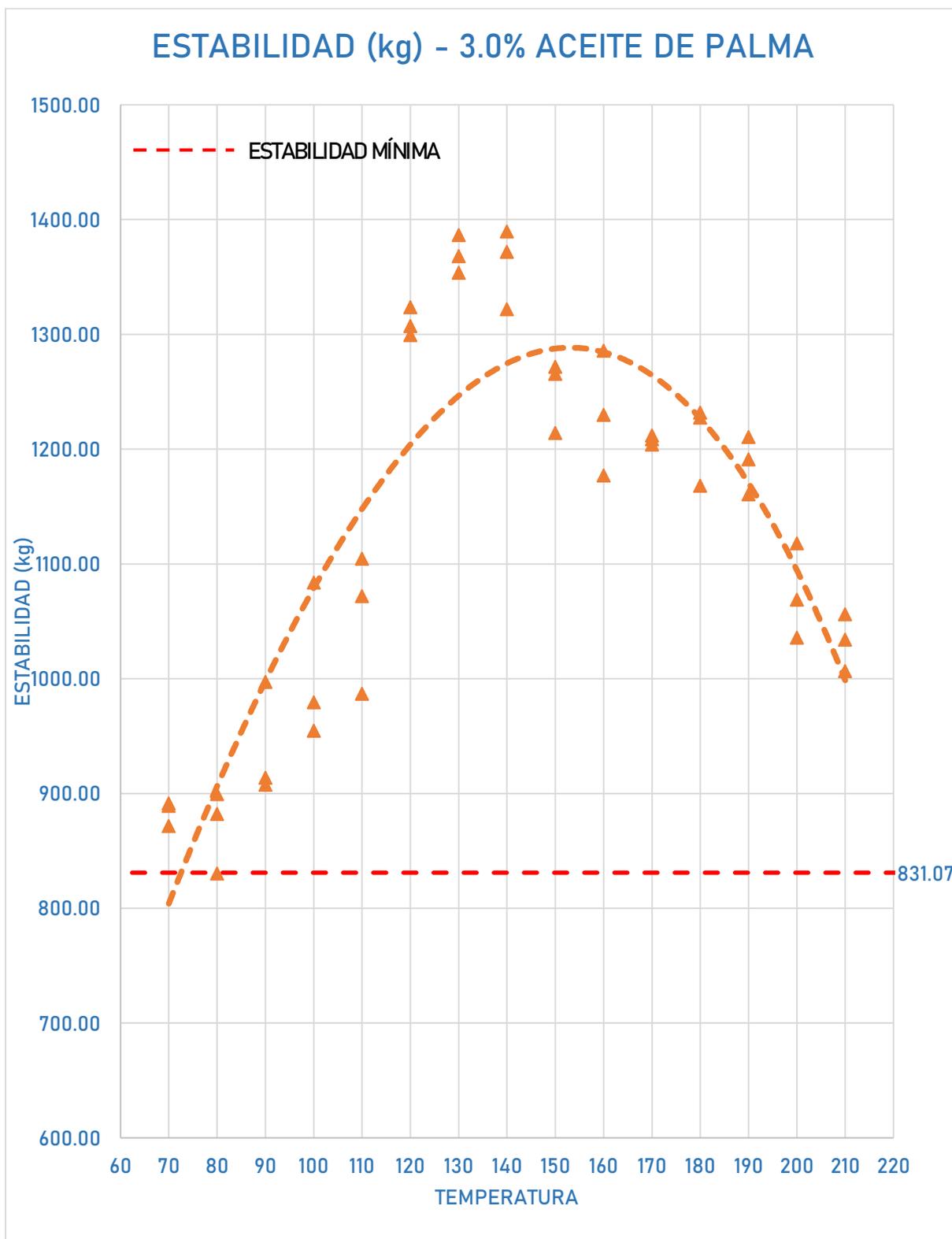


Figura 42. Valores de estabilidad modificada con 3.0% de adición de aceite de palma

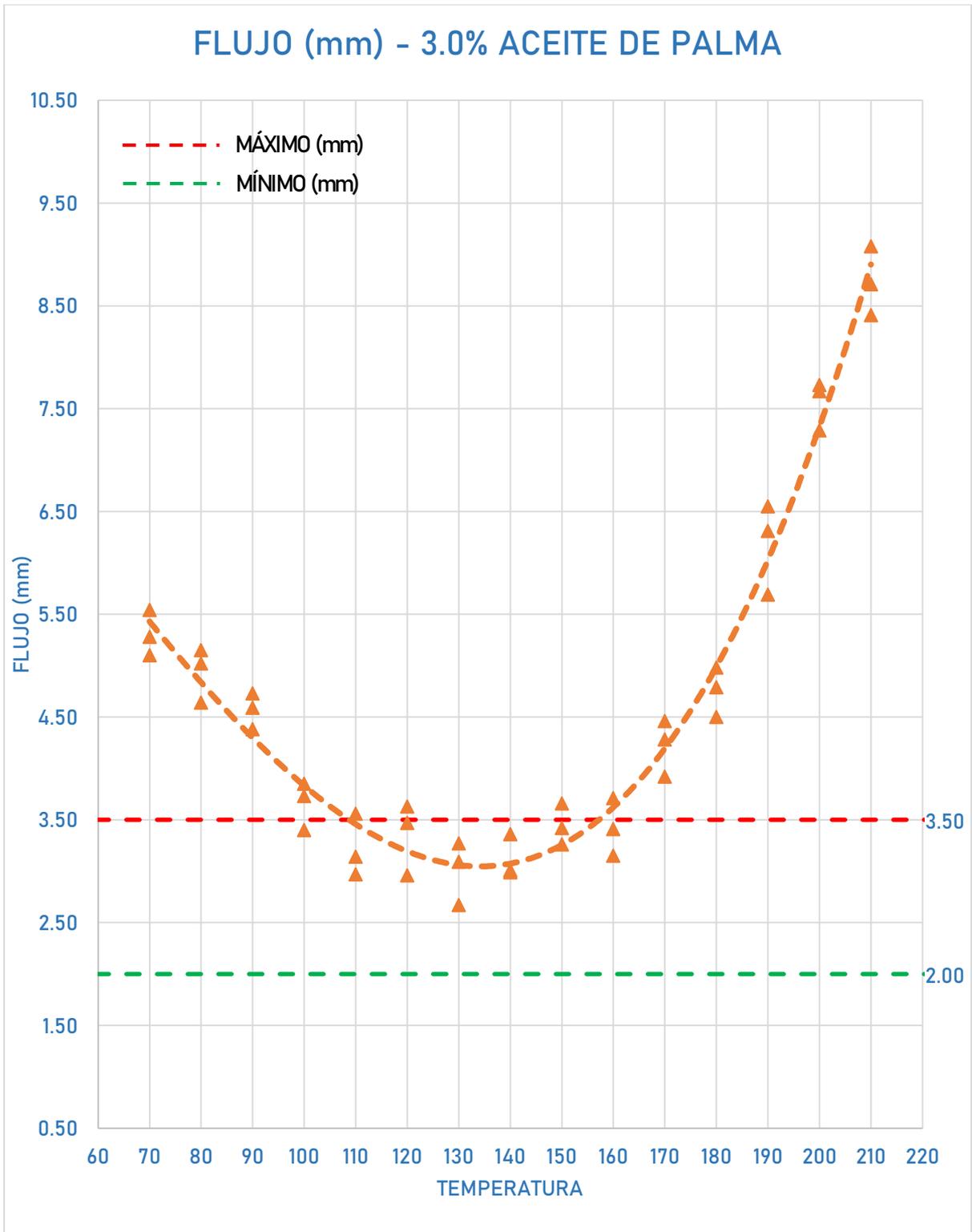


Figura 43. Valores de flujo modificado con 3.0% de adición de aceite de palma

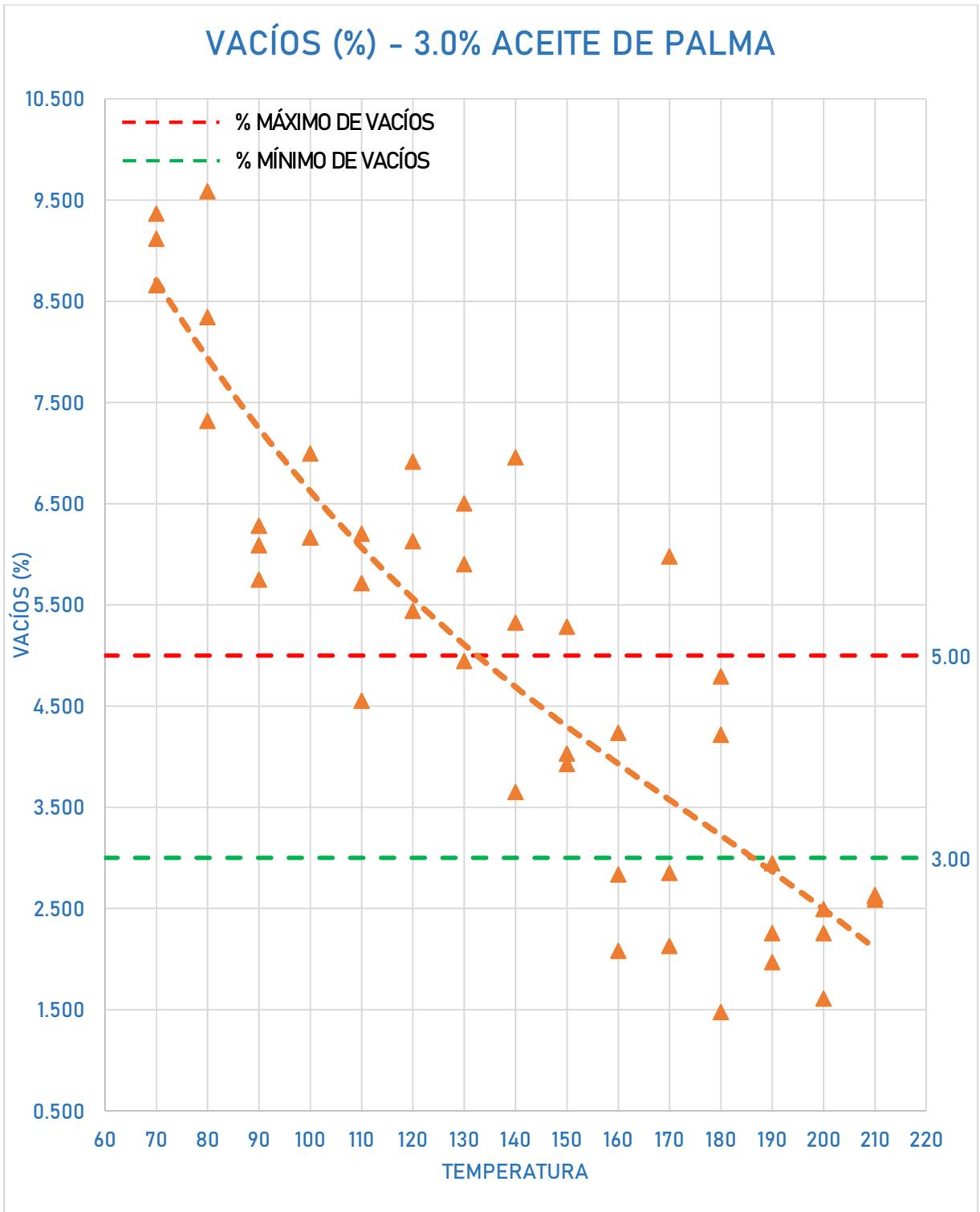


Figura 44. Porcentaje de vacíos modificado con 3.0% de adición de aceite de palma

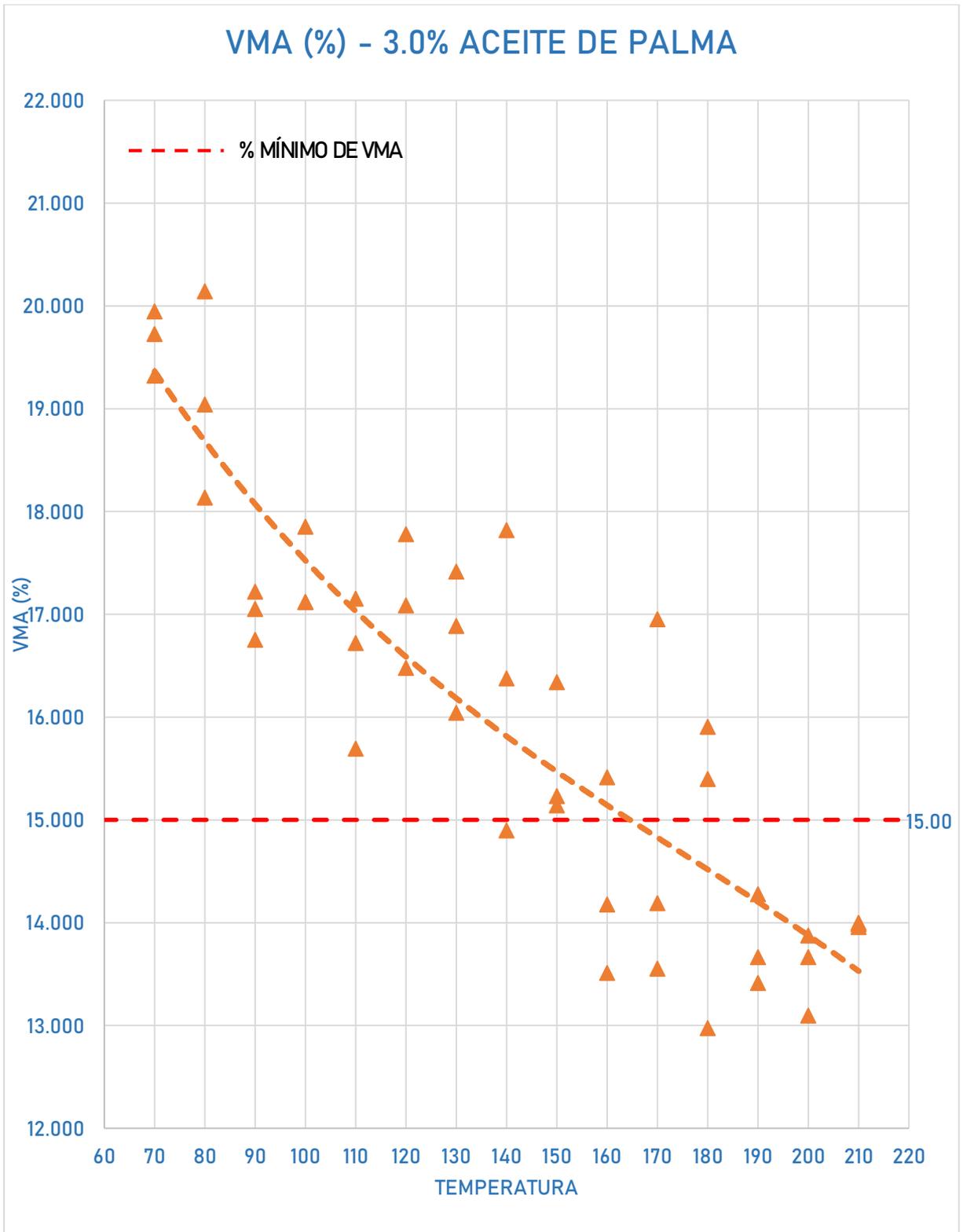


Figura 45. Porcentaje de VMA modificado con 3.0% de adición de aceite de palma

- **MTC E 504 – PROPIEDADES MECÁNICAS – 3.5 % MODIFICADO**

Las propiedades mecánicas para la mezcla asfáltica elaborada para una adición de aceite de palma de 3.5% del peso del ligante asfáltico se tomaron en función a la misma variación de la temperatura en grados Celsius de la muestra control ya presentada y de esta manera verificar si existe variación en sus propiedades. En la tabla 30, se presentan los resultados obtenidos de la estabilidad modificada con un 3.5% de adición de aceite de palma; así mismo los pesos secos, saturados y superficialmente secos de cada espécimen. Realizando tres muestras por cada temperatura a estudiar, variando cada 10°C la temperatura de compactación desde los 70°C hasta los 210°C.

Tabla 32. *Datos de estabilidad con ligante asfáltico modificado al 3.5%*

ÍTEM	TEMP	PESO SECO	PESO SSS	PESO SUM.	PESO ESPECIF. BULK	ESTABILIDAD	VOLUMEN	ESTAB. CORREGIDA
UND.		gr	gr	gr	kg/cm ³	kg	cm ³	kg
1	70°C	1245	1267	748	2.399	889.50	520.50	889.50
2		1241	1253	749	2.462	912.60	519.20	912.60
3		1247	1258	746	2.436	955.30	518.00	955.30
4	80°C	1244	1265	746	2.397	854.20	520.90	854.20
5		1244	1263	751	2.430	877.60	527.70	877.60
6		1242	1259	744	2.412	816.20	516.30	816.20
7	90°C	1246	1254	752	2.482	902.40	524.20	902.40
8		1235	1260	766	2.500	951.30	530.30	951.30
9		1243	1268	761	2.452	974.40	530.20	974.40
10	100°C	1239	1250	758	2.518	1084.00	515.10	1084.00
11		1247	1265	761	2.474	1115.10	520.70	1115.10
12		1250	1261	762	2.505	1108.00	511.80	1108.00
13	110°C	1239	1252	756	2.498	1144.30	523.20	1144.30
14		1243	1256	761	2.511	1101.00	526.60	1101.00
15		1236	1264	768	2.492	1266.50	520.20	1266.50

16	120°C	1247	1261	763	2.504	1286.30	520.30	1286.30
17		1242	1251	754	2.499	1297.30	525.50	1297.30
18		1251	1271	767	2.482	1211.90	525.20	1211.90
19	130°C	1256	1262	761	2.507	1237.20	510.60	1237.20
20		1243	1257	763	2.516	1310.70	525.20	1310.70
21		1235	1253	772	2.568	1292.00	516.70	1292.00
22	140°C	1256	1274	775	2.517	1324.80	510.90	1324.80
23		1236	1253	770	2.559	1191.50	518.10	1191.50
24		1242	1249	762	2.550	1201.30	527.80	1201.30
25	150°C	1251	1258	767	2.548	1215.80	518.40	1215.80
26		1255	1271	771	2.510	1202.00	516.80	1202.00
27		1242	1262	769	2.519	1293.40	517.40	1293.40
28	160°C	1249	1260	772	2.559	1142.40	527.80	1142.40
29		1236	1239	755	2.554	1254.30	514.50	1254.30
30		1248	1257	767	2.547	1188.90	520.60	1188.90
31	170°C	1255	1264	769	2.535	1174.50	513.30	1174.50
32		1253	1261	774	2.573	1208.00	528.70	1208.00
33		1237	1242	765	2.593	1192.10	515.50	1192.10
34	180°C	1236	1239	758	2.570	1251.90	523.30	1251.90
35		1234	1245	769	2.592	1167.60	517.70	1167.60
36		1240	1254	770	2.562	1207.30	515.50	1207.30
37	190°C	1249	1260	769	2.544	1246.90	529.30	1246.90
38		1247	1251	776	2.625	1250.90	517.80	1250.90
39		1253	1261	772	2.562	1231.00	510.70	1231.00
40	200°C	1242	1249	769	2.588	1077.00	519.00	1077.00
41		1254	1262	781	2.607	1101.00	516.70	1101.00
42		1234	1241	771	2.626	1155.50	531.00	1155.50
43	210°C	1234	1240	766	2.603	1034.50	516.50	1034.50
44		1238	1243	765	2.590	1018.80	511.80	1018.80
45		1237	1241	768	2.615	997.50	514.60	997.50

En la tabla 31, se muestran los resultados obtenidos de los especímenes elaborados con ligante asfáltico modificado con un 3.5% de adición de aceite de palma, obteniendo los valores de deformación, porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos en el agregado mineral que presenta la mezcla asfáltica

modificada a distintas temperaturas de compactación. Con la finalidad de comprobar su comportamiento gráfico y compararlo con la muestra control o sin modificar.

Tabla 33. *Datos de flujo con ligante asfáltico modificado al 3.5%*

ÍTEM	TEMP	%VACÍOS	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO	PESO ESPECÍFICO BULK DE AGREG.	% VMA	% VACÍOS LLENOS CON C.A.	FLUJO
UND.		%	kg/cm ³	kg/cm ³	%	%	mm
1	70°C	9.818	2.660	2.876	20.344	51.741	5.51
2		7.432	2.660	2.876	18.237	59.247	5.96
3		8.438	2.660	2.876	19.126	55.881	5.62
4	80°C	9.890	2.660	2.876	20.408	51.538	5.49
5		8.658	2.660	2.876	19.320	55.185	5.29
6		9.336	2.660	2.876	19.919	53.128	4.73
7	90°C	6.689	2.660	2.876	17.581	61.952	5.13
8		6.015	2.660	2.876	16.985	64.587	4.81
9		7.832	2.660	2.876	18.590	57.871	4.60
10	100°C	5.327	2.660	2.876	16.378	67.473	3.43
11		6.985	2.660	2.876	17.842	60.852	3.89
12		5.827	2.660	2.876	16.819	65.357	4.01
13	110°C	6.091	2.660	2.876	17.052	64.282	3.28
14		5.597	2.660	2.876	16.616	66.315	3.05
15		6.318	2.660	2.876	17.253	63.379	3.71
16	120°C	5.864	2.660	2.876	16.852	65.203	3.85
17		6.053	2.660	2.876	17.019	64.434	3.14
18		6.686	2.660	2.876	17.578	61.963	3.75
19	130°C	5.752	2.660	2.876	16.753	65.664	3.60
20		5.406	2.660	2.876	16.448	67.131	3.15
21		3.475	2.660	2.876	14.742	76.428	2.84
22	140°C	5.375	2.660	2.876	16.420	67.267	3.58
23		3.797	2.660	2.876	15.026	74.732	3.67
24		4.124	2.660	2.876	15.315	73.074	3.35

25	150°C	4.216	2.660	2.876	15.396	72.618	3.62
26		5.639	2.660	2.876	16.653	66.138	3.55
27		5.291	2.660	2.876	16.346	67.633	3.09
28	160°C	3.781	2.660	2.876	15.012	74.814	3.06
29		3.996	2.660	2.876	15.202	73.716	3.47
30		4.250	2.660	2.876	15.427	72.448	3.32
31	170°C	4.686	2.660	2.876	15.811	70.364	4.11
32		3.275	2.660	2.876	14.565	77.517	4.89
33		2.508	2.660	2.876	13.888	81.942	4.65
34	180°C	3.397	2.660	2.876	14.673	76.850	5.23
35		2.540	2.660	2.876	13.916	81.748	4.91
36		3.685	2.660	2.876	14.927	75.315	4.57
37	190°C	4.369	2.660	2.876	15.531	71.871	6.69
38		1.306	2.660	2.876	12.826	89.818	6.41
39		3.670	2.660	2.876	14.914	75.391	6.74
40	200°C	2.726	2.660	2.876	14.080	80.642	7.90
41		1.990	2.660	2.876	13.430	85.183	7.63
42		1.296	2.660	2.876	12.817	89.890	8.05
43	210°C	2.129	2.660	2.876	13.553	84.293	8.27
44		2.633	2.660	2.876	13.998	81.189	8.95
45		1.683	2.660	2.876	13.159	87.208	8.38

En las figuras 46, 47, 48 y 49, se muestra el comportamiento gráfico de las propiedades de estabilidad, flujo, porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos en el agregado mineral para el diseño de mezcla asfáltica modificada con un 3.5 % de adición de aceite de palma. Estas curvas tendencia presentan el mismo comportamiento que la mezcla asfáltica control con la cual será comparada para determinar el comportamiento del aceite de palma a distintos porcentajes de adición. En comparación con el análisis de tendencia anterior, se tiene que los valores de las temperaturas de 145°C hasta los 155°C bajan las propiedades estables en comparación con los resultados de la línea tendencia anterior; por lo tanto, no es necesario seguir aumentando este porcentaje y evaluar el comportamiento que presenta. A partir del fenómeno observado, se detiene la adición de aceite de palma para

analizar el comportamiento de las propiedades mecánicas mediante la comparación de resultados.

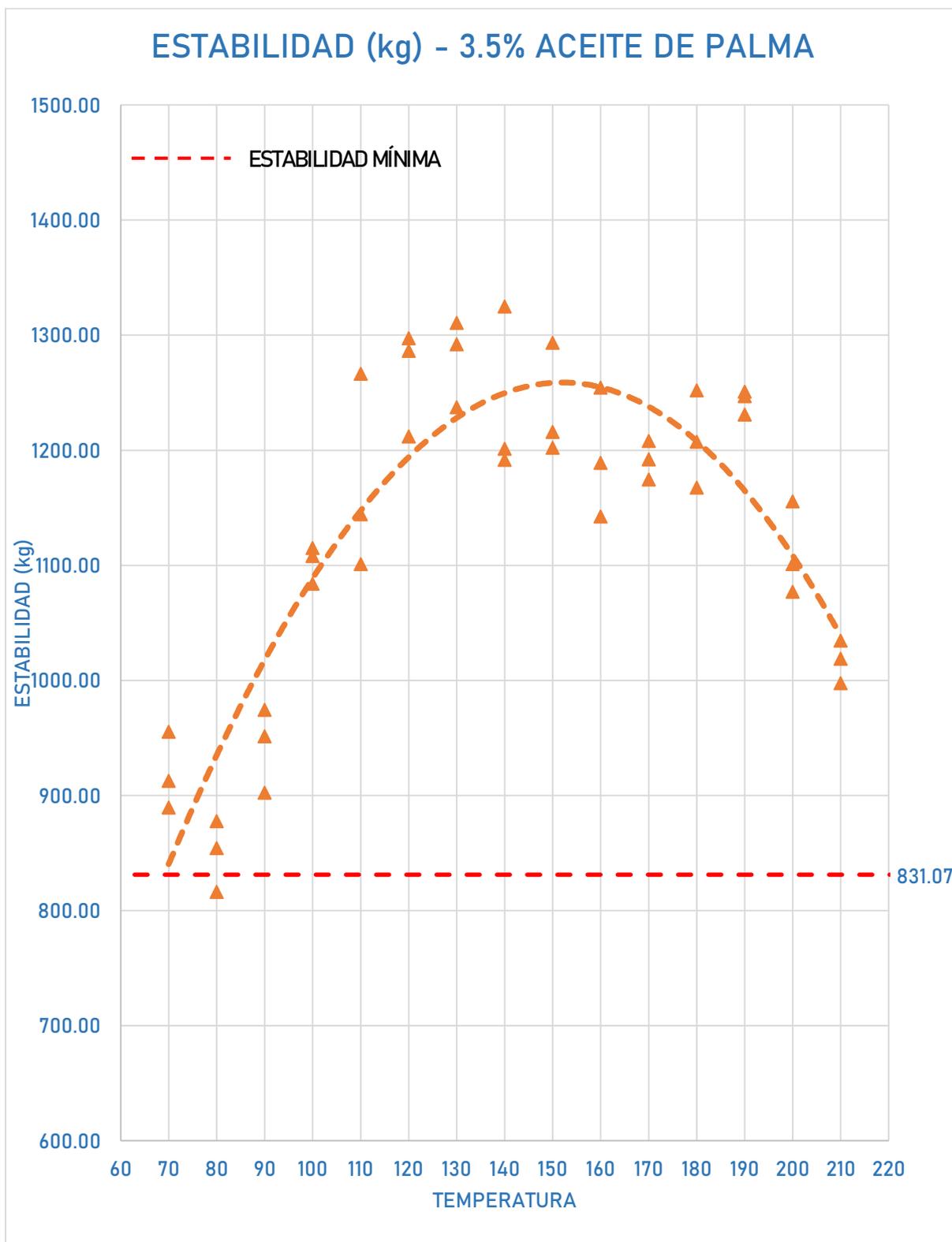


Figura 46. Valores de estabilidad modificada con 3.5% de adición de aceite de palma

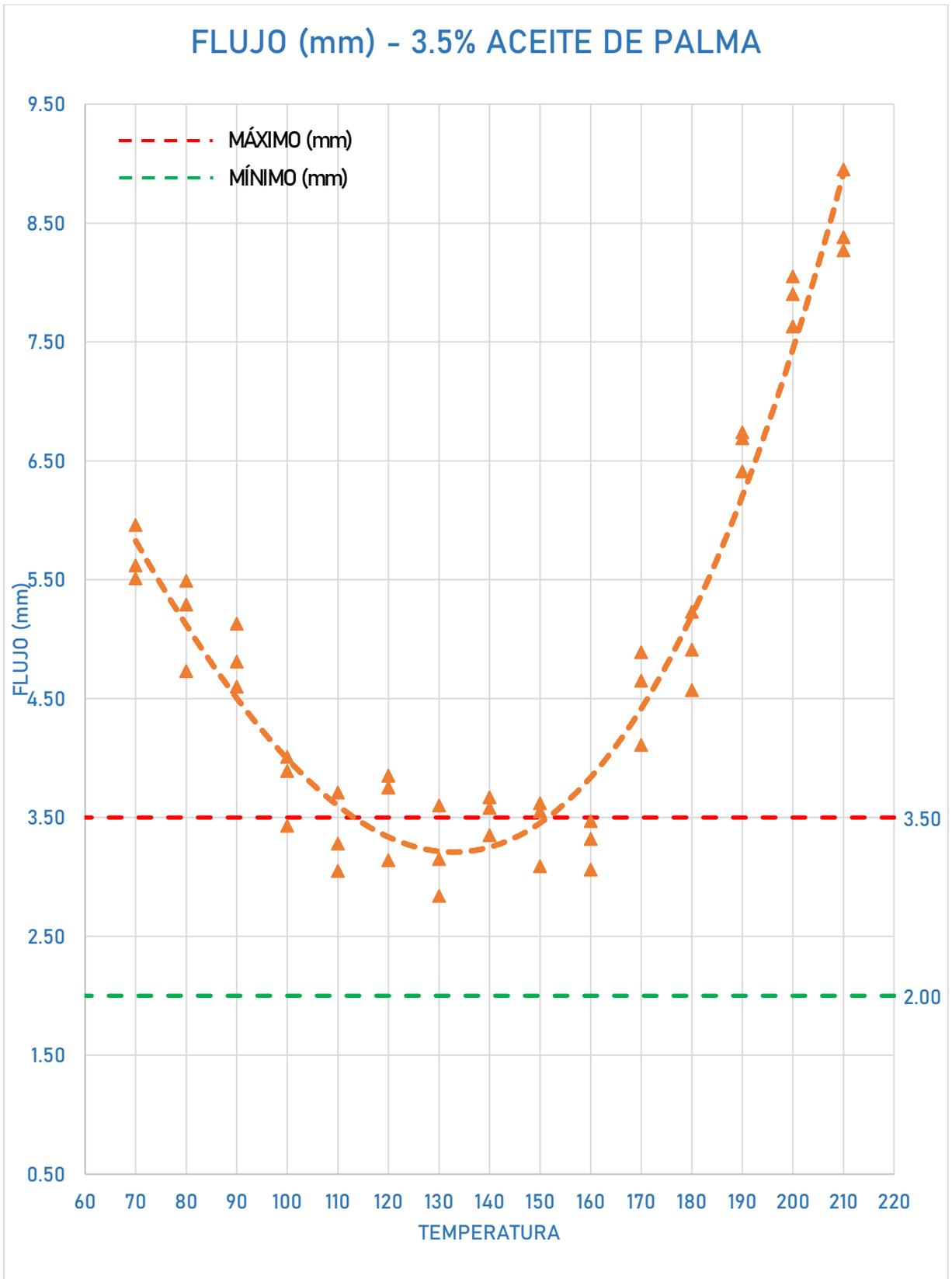


Figura 47. Valores de flujo modificado con 3.5% de adición de aceite de palma

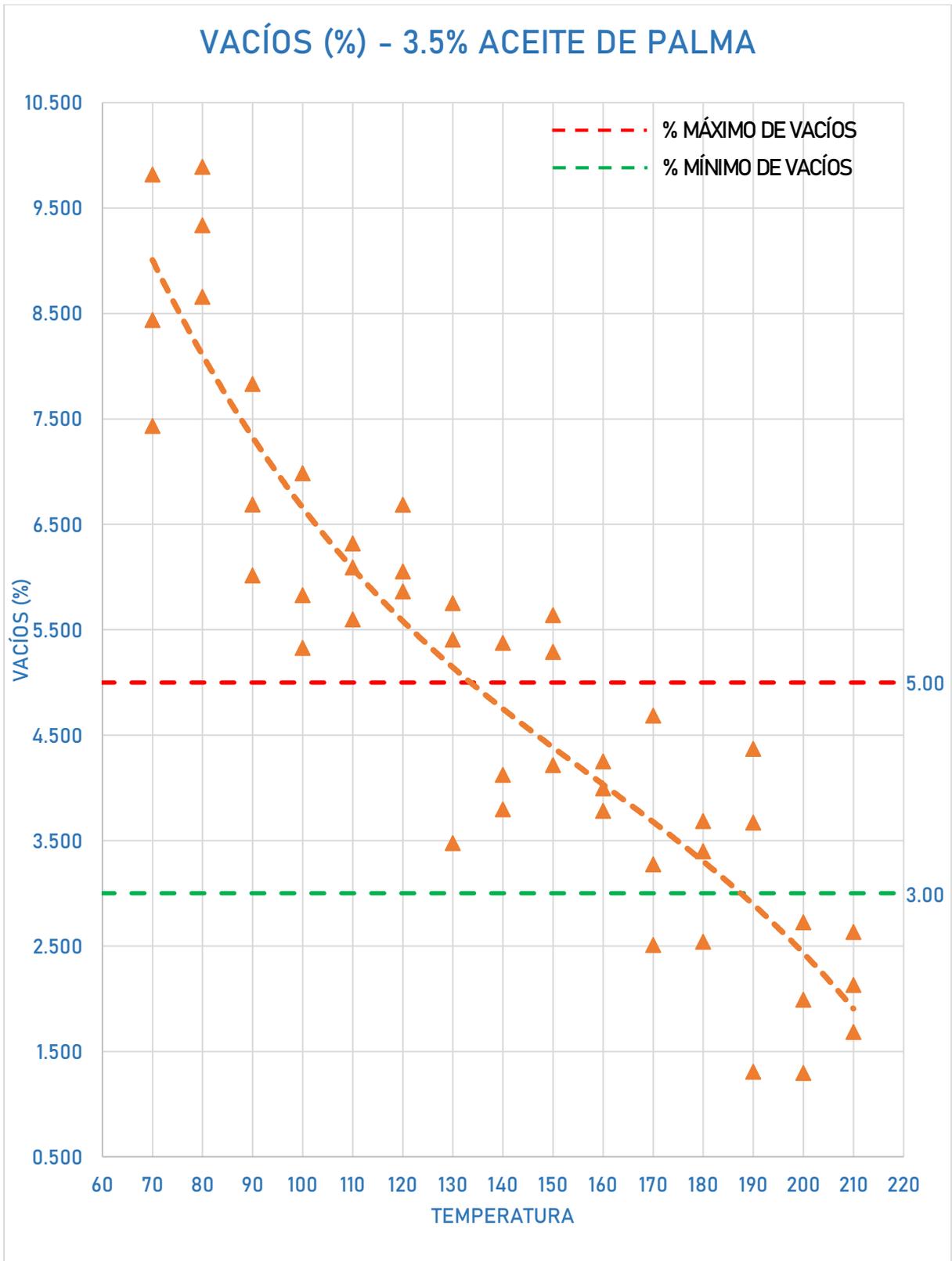


Figura 48. Porcentaje de vacíos modificado con 3.5% de adición de aceite de palma

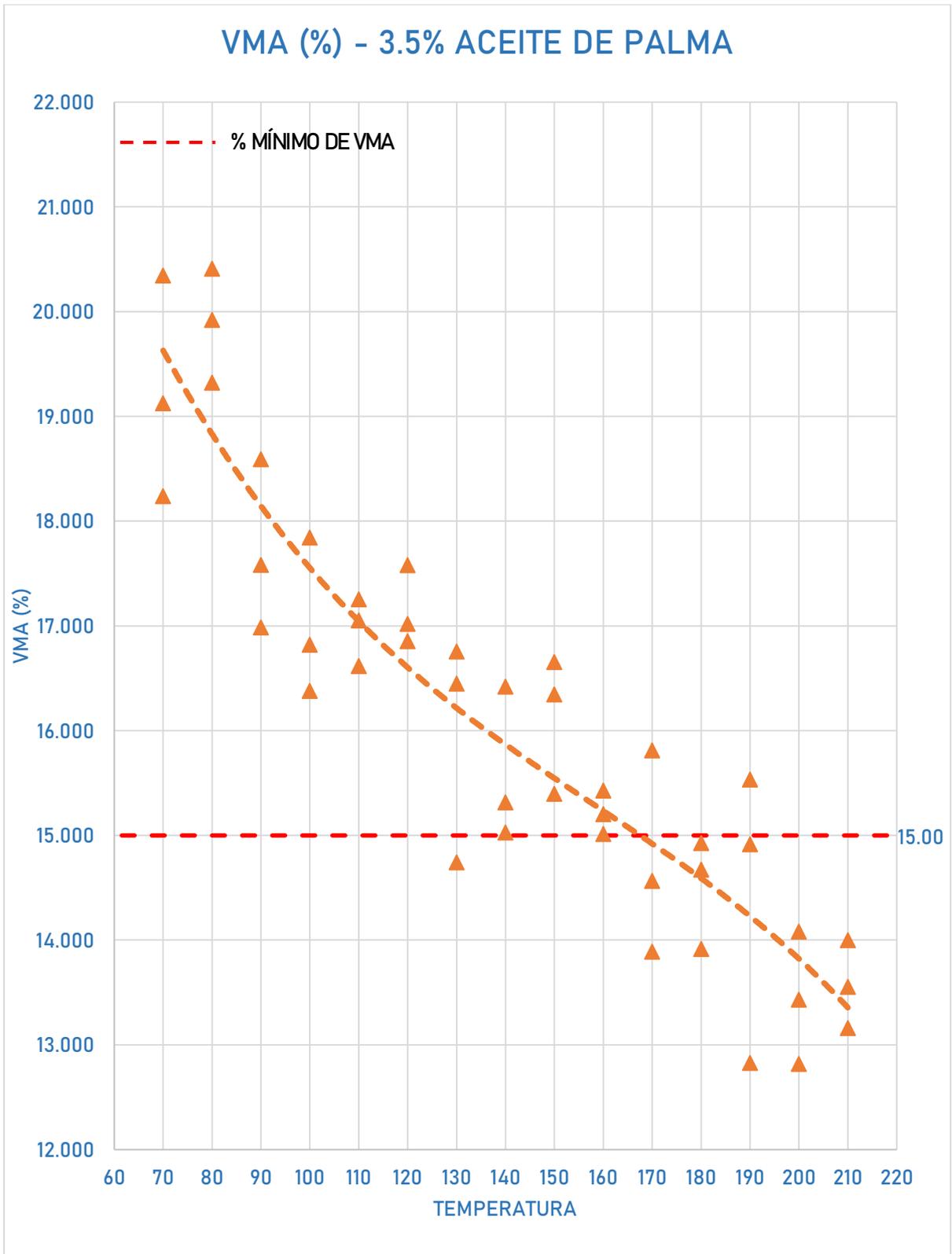


Figura 49. Porcentaje de VMA modificado con 3.5% de adición de aceite de palma

4.3.3. OE 3 – PROPIEDADES FÍSICAS - ASFALTO MODIFICADO

Con la finalidad de encontrar el porcentaje óptimo de adición de aceite de palma para la conservación de las propiedades de la mezcla asfáltica, es necesario determinar y evaluar ahora las propiedades físicas de la mezcla asfáltica, ya que anteriormente se evaluaron las propiedades mecánicas. Para las propiedades físicas, se procedió a modificar el ligante asfáltico a distintos porcentajes de adición de aceite de palma y de esta manera evidenciar el comportamiento del ligante asfáltico modificado en la adherencia. En el caso de que la adherencia se vea afectada al bajar su porcentaje en comparación con la mezcla asfáltica control, sería necesario dotar al ligante asfáltico modificado con algún Antistripping que compense dicha pérdida supuesta. Además, debido a la complejidad del ensayo de adherencia en bandeja, se opta por analizar el efecto de adición del aceite de palma para ligantes asfálticos modificados con 1.0%, 2.0% y 3.0%; también es importante mencionar que se realizaron tres ensayos de bandeja por cada una de las temperaturas analizadas en laboratorio.

- **MTC E 520 – ADHERENCIA EN BANDEJA – 1.0 % MODIFICADO**

Las propiedades físicas del diseño de mezcla asfáltica patrón, modificadas con 1.0% de adición de aceite de palma, fueron analizadas para determinar su efecto ante un diferencial de temperatura. Las temperaturas de estudio proyectadas varían desde los 90°C hasta los 195°C. Como se observa en la tabla 32, el comportamiento de cada partícula para la obtención de porcentaje de adherencia.

Tabla 34. *Porcentajes de adherencia del ligante asfáltico modificado al 1.0%*

ÍTEM	TEMP	MUESTRA	SUPERFICIE ADHERIDA CON LIGANTE ASFÁLTICO			DÍA SUMERGIDO
			0%-25%	25%-75%	75%-100%	4
UND.			0	1	2	(%).
1	90°C	Band.- 01	50	0	0	0%
2		Band.- 02	50	0	0	0%
3		Band.- 03	50	0	0	0%
4	95°C	Band.- 04	50	0	0	0%
5		Band.- 05	50	0	0	0%
6		Band.- 06	50	0	0	0%
7	100°C	Band.- 07	48	2	0	2%
8		Band.- 08	49	1	0	1%
9		Band.- 09	47	2	1	4%
10	105°C	Band.- 10	47	2	1	4%
11		Band.- 11	42	5	3	11%
12		Band.- 12	45	3	2	7%
13	110°C	Band.- 13	43	5	2	9%
14		Band.- 14	42	2	6	14%
15		Band.- 15	42	4	4	12%
16	115°C	Band.- 16	43	3	4	11%
17		Band.- 17	39	6	5	16%
18		Band.- 18	40	4	6	16%
19	120°C	Band.- 19	38	5	7	19%
20		Band.- 20	33	8	9	26%
21		Band.- 21	34	6	10	26%
22	125°C	Band.- 22	33	11	6	23%
23		Band.- 23	31	11	8	27%
24		Band.- 24	31	12	7	26%
25	130°C	Band.- 25	26	16	8	32%
26		Band.- 26	27	14	9	32%
27		Band.- 27	28	15	7	29%

28	135°C	Band.- 28	28	14	8	30%
29		Band.- 29	25	17	8	33%
30		Band.- 30	26	14	10	34%
31	140°C	Band.- 31	25	15	10	35%
32		Band.- 32	23	18	9	36%
33		Band.- 33	29	10	11	32%
34	145°C	Band.- 34	23	13	14	41%
35		Band.- 35	23	11	16	43%
36		Band.- 36	25	11	14	39%
37	150°C	Band.- 37	16	19	15	49%
38		Band.- 38	19	19	12	43%
39		Band.- 39	23	13	14	41%
40	155°C	Band.- 40	21	13	16	45%
41		Band.- 41	23	15	12	39%
42		Band.- 42	25	14	11	36%
43	160°C	Band.- 43	20	13	17	47%
44		Band.- 44	24	12	14	40%
45		Band.- 45	24	8	18	44%
46	165°C	Band.- 46	23	10	17	44%
47		Band.- 47	22	13	15	43%
48		Band.- 48	19	11	20	51%
49	170°C	Band.- 49	2	32	16	64%
50		Band.- 50	20	12	18	48%
51		Band.- 51	19	16	15	46%
52	175°C	Band.- 52	27	16	7	30%
53		Band.- 53	31	8	11	30%
54		Band.- 54	31	12	7	26%
55	180°C	Band.- 55	32	13	5	23%
56		Band.- 56	29	16	5	26%
57		Band.- 57	32	14	4	22%
58	185°C	Band.- 58	32	12	6	24%
59		Band.- 59	39	9	2	13%
60		Band.- 60	37	6	7	20%
61	190°C	Band.- 61	47	2	1	4%
62		Band.- 62	48	2	0	2%
63		Band.- 63	48	2	0	2%

64	195°C	Band.- 64	49	0	1	2%
65		Band.- 65	49	1	0	1%
66		Band.- 66	49	1	0	1%

A partir de los porcentajes de adherencia obtenidos en la tabla 32, donde se analiza el comportamiento de la adherencia del ligante asfáltico ante la variación en su temperatura de ensayo, se obtiene el comportamiento gráfico a cada 5°C como se observa en la figura 50 y de esta manera comparar los porcentajes obtenidos con el 1.0% de adición de aceite palma en la modificación del ligante asfáltico y la muestra sin modificar. Este comportamiento determinará el efecto que presenta la adición de aceite en el comportamiento físico de la mezcla.

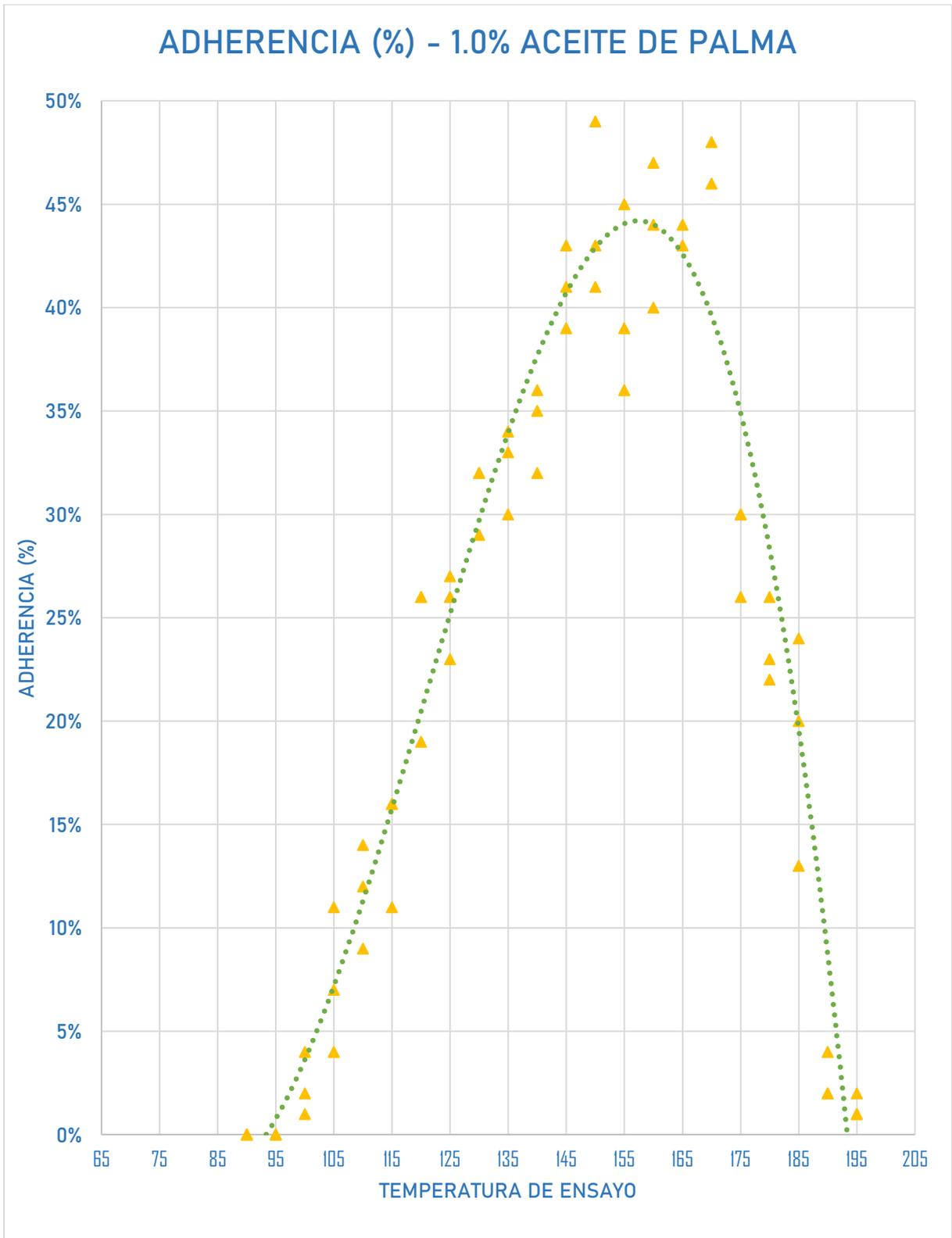


Figura 50. Porcentaje de adherencia con 1.0% de adición de aceite de palma

Debido a que se analizaron las propiedades mecánicas hasta el 3.5% de adición de aceite de palma, se analiza el comportamiento de las propiedades físicas para un porcentaje de 2.0%, generando una tendencia comparativa producto de la modificación del ligante asfáltico. Las propiedades físicas del diseño de mezcla propuesto, modificadas con 2.0% de adición de aceite de palma, fueron analizadas para determinar su efecto ante un diferencial de temperatura. Las temperaturas de estudio proyectadas son desde los 90°C hasta los 195°C. Como se observa en la tabla 33, el comportamiento de cada partícula para la obtención de porcentaje de adherencia.

Tabla 35. *Porcentajes de adherencia del ligante asfáltico modificado al 2.0%*

ÍTEM	TEMP	MUESTRA	SUPERFICIE ADHERIDA CON LIGANTE ASFÁLTICO			DÍA SUMERGIDO
			0%-25%	25%-75%	75%-100%	4
UND.			0	1	2	(%)
1	90°C	Band.- 01	50	0	0	0%
2		Band.- 02	50	0	0	0%
3		Band.- 03	50	0	0	0%
4	95°C	Band.- 04	50	0	0	0%
5		Band.- 05	50	0	0	0%
6		Band.- 06	50	0	0	0%
7	100°C	Band.- 07	47	3	0	3%
8		Band.- 08	47	2	1	4%
9		Band.- 09	47	1	2	5%
10	105°C	Band.- 10	43	4	3	10%
11		Band.- 11	45	2	3	8%
12		Band.- 12	44	2	4	10%
13	110°C	Band.- 13	42	1	7	15%
14		Band.- 14	45	3	2	7%
15		Band.- 15	45	2	3	8%

16	115°C	Band.- 16	39	5	6	17%
17		Band.- 17	37	8	5	18%
18		Band.- 18	37	6	7	20%
19	120°C	Band.- 19	35	8	7	22%
20		Band.- 20	36	9	5	19%
21		Band.- 21	31	11	8	27%
22	125°C	Band.- 22	31	12	7	26%
23		Band.- 23	31	11	8	27%
24		Band.- 24	28	14	8	30%
25	130°C	Band.- 25	23	18	9	36%
26		Band.- 26	26	16	8	32%
27		Band.- 27	27	16	7	30%
28	135°C	Band.- 28	24	16	10	36%
29		Band.- 29	24	19	7	33%
30		Band.- 30	23	15	12	39%
31	140°C	Band.- 31	21	17	12	41%
32		Band.- 32	19	20	11	42%
33		Band.- 33	27	11	12	35%
34	145°C	Band.- 34	18	16	16	48%
35		Band.- 35	22	11	17	45%
36		Band.- 36	20	13	17	47%
37	150°C	Band.- 37	14	19	17	53%
38		Band.- 38	17	20	13	46%
39		Band.- 39	21	13	16	45%
40	155°C	Band.- 40	17	16	17	50%
41		Band.- 41	21	15	14	43%
42		Band.- 42	18	15	17	49%
43	160°C	Band.- 43	22	14	14	42%
44		Band.- 44	16	14	20	54%
45		Band.- 45	25	10	15	40%
46	165°C	Band.- 46	21	10	19	48%
47		Band.- 47	19	15	16	47%
48		Band.- 48	22	13	15	43%
49	170°C	Band.- 49	23	16	11	38%
50		Band.- 50	22	12	16	44%
51		Band.- 51	27	13	10	33%

52	175°C	Band.- 52	22	15	13	41%
53		Band.- 53	23	12	15	42%
54		Band.- 54	30	11	9	29%
55	180°C	Band.- 55	22	13	15	43%
56		Band.- 56	37	9	4	17%
57		Band.- 57	35	7	8	23%
58	185°C	Band.- 58	35	6	9	24%
59		Band.- 59	39	5	6	17%
60		Band.- 60	39	7	4	15%
61	190°C	Band.- 61	44	3	3	9%
62		Band.- 62	47	1	2	5%
63		Band.- 63	45	3	2	7%
64	195°C	Band.- 64	49	0	1	2%
65		Band.- 65	49	1	0	1%
66		Band.- 66	49	1	0	1%

A partir de los porcentajes de adherencia obtenidos en la tabla 33, donde se analiza el comportamiento de la adherencia del ligante asfáltico ante la variación en su temperatura de ensayo, se obtiene el comportamiento gráfico a cada 5°C, como se observa en la figura 51 y de esta manera comparar los porcentajes obtenidos con el 2.0% de aceite de palma en la modificación del ligante asfáltico y la muestra sin modificar. Este comportamiento determinará el efecto que presenta la adición de aceite de palma en el comportamiento físico de la mezcla.

En comparación con los valores de porcentaje de adherencia obtenidos con el ligante asfáltico modificado al 1.0% de adición de aceite de palma, existe un evidente aumento en la adherencia para temperaturas menores a 175°C y las temperaturas mayores a 175°C no presentan variación ante el comportamiento del diferencial de temperatura.

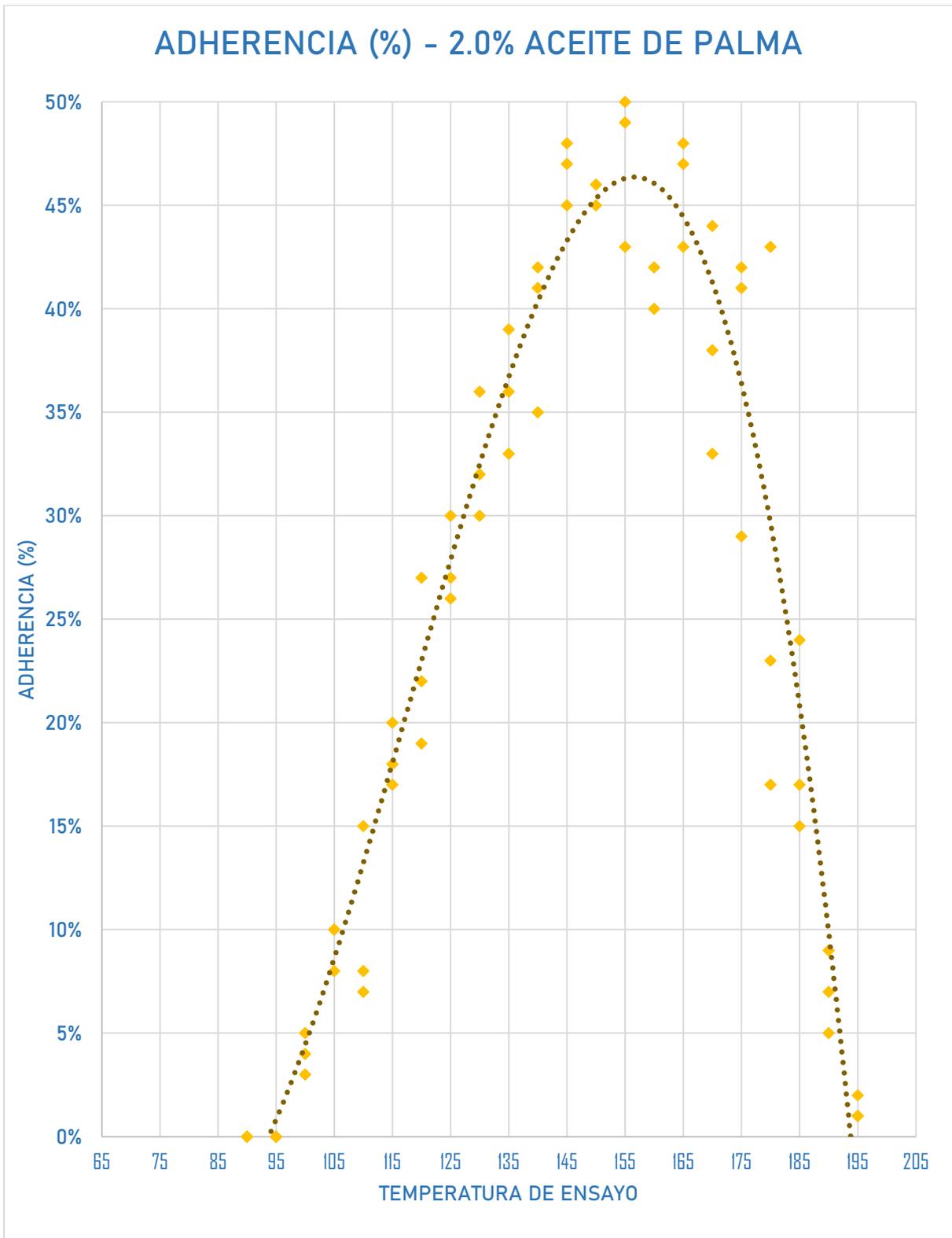


Figura 51. Porcentaje de adherencia con 2.0% de adición de aceite de palma

Debido a que se analizaron las propiedades mecánicas hasta el 3.5% de adición de aceite de palma, se analiza el comportamiento de las propiedades físicas para un porcentaje de 3.0% generando una tendencia comparativa producto de la modificación del ligante asfáltico y así contar con el comportamiento del óptimo contenido de adición de aceite de palma para la modificación del ligante asfáltico. Las propiedades físicas del diseño de mezcla asfáltica propuesto, modificadas con 3.0% de adición de aceite de palma, fueron analizadas para determinar su efecto ante un diferencial de temperatura. Las temperaturas de estudio proyectadas son desde los 90°C hasta los 195°C. Como se observa en la tabla 34, el comportamiento de cada partícula para la obtención de porcentaje de adherencia.

Tabla 36. *Porcentajes de adherencia del ligante asfáltico modificado al 3.0%*

ÍTEM	TEMP	MUESTRA	SUPERFICIE ADHERIDA CON LIGANTE ASFÁLTICO			DÍA SUMERGIDO
			0%-25%	25%-75%	75%-100%	4
UND.			0	1	2	(%)
1	90°C	Band.- 01	50	0	0	0%
2		Band.- 02	50	0	0	0%
3		Band.- 03	50	0	0	0%
4	95°C	Band.- 04	50	0	0	0%
5		Band.- 05	50	0	0	0%
6		Band.- 06	50	0	0	0%
7	100°C	Band.- 07	48	2	0	2%
8		Band.- 08	46	3	1	5%
9		Band.- 09	46	1	3	7%
10	105°C	Band.- 10	48	2	0	2%
11		Band.- 11	45	4	1	6%
12		Band.- 12	45	3	2	7%

13	110°C	Band.- 13	42	6	2	10%
14		Band.- 14	44	3	3	9%
15		Band.- 15	43	2	5	12%
16	115°C	Band.- 16	40	4	6	16%
17		Band.- 17	39	6	5	16%
18		Band.- 18	42	1	7	15%
19	120°C	Band.- 19	34	5	11	27%
20		Band.- 20	35	6	9	24%
21		Band.- 21	37	3	10	23%
22	125°C	Band.- 22	32	8	10	28%
23		Band.- 23	28	10	12	34%
24		Band.- 24	30	11	9	29%
25	130°C	Band.- 25	21	16	13	42%
26		Band.- 26	23	12	15	42%
27		Band.- 27	25	14	11	36%
28	135°C	Band.- 28	20	16	14	44%
29		Band.- 29	19	15	16	47%
30		Band.- 30	25	13	12	37%
31	140°C	Band.- 31	23	13	14	41%
32		Band.- 32	21	15	14	43%
33		Band.- 33	24	11	15	41%
34	145°C	Band.- 34	23	11	16	43%
35		Band.- 35	26	12	12	36%
36		Band.- 36	25	10	15	40%
37	150°C	Band.- 37	25	11	14	39%
38		Band.- 38	23	16	11	38%
39		Band.- 39	21	13	16	45%
40	155°C	Band.- 40	19	14	17	48%
41		Band.- 41	17	15	18	51%
42		Band.- 42	18	14	18	50%
43	160°C	Band.- 43	19	16	15	46%
44		Band.- 44	20	16	14	44%
45		Band.- 45	22	10	18	46%
46	165°C	Band.- 46	23	7	20	47%
47		Band.- 47	20	9	21	51%
48		Band.- 48	25	8	17	42%

49	170°C	Band.- 49	21	13	16	45%
50		Band.- 50	20	12	18	48%
51		Band.- 51	22	14	14	42%
52	175°C	Band.- 52	23	13	14	41%
53		Band.- 53	30	9	11	31%
54		Band.- 54	25	13	12	37%
55	180°C	Band.- 55	27	13	10	33%
56		Band.- 56	24	16	10	36%
57		Band.- 57	29	12	9	30%
58	185°C	Band.- 58	41	5	4	13%
59		Band.- 59	42	6	2	10%
60		Band.- 60	39	8	3	14%
61	190°C	Band.- 61	47	2	1	4%
62		Band.- 62	48	0	2	4%
63		Band.- 63	47	2	1	4%
64	195°C	Band.- 64	49	0	1	2%
65		Band.- 65	49	1	0	1%
66		Band.- 66	50	0	0	0%

En todos los ensayos analizados se puede observar que el porcentaje de adherencia del ligante asfáltico se pierde de forma crítica en temperaturas por debajo de los 120°C, donde se presentó también muy poca trabajabilidad durante los ensayos de laboratorio.

A partir de los porcentajes de adherencia obtenidos en la tabla 34, donde se analiza el comportamiento de la adherencia ante la variación en su temperatura de ensayo, se obtiene el comportamiento gráfico a cada 5°C, como se observa en la figura 52 y de esta manera comparar los porcentajes obtenidos con el 3.0% de aceite de palma en la modificación del ligante asfáltico y la muestra sin modificar. Este comportamiento determinará el efecto que presenta la adición de aceite de palma en el comportamiento físico de la mezcla.

En comparación con los valores de porcentaje de adherencia obtenidos con el ligante asfáltico modificado al 2.0% de adición de aceite de palma, no existe una diferencia significativa en la adherencia para temperaturas menores de 175°C y las temperaturas mayores a 175°C no presentan

variación ante el comportamiento del diferencial de temperatura en todos los tipos de asfalto empleados para esta investigación.

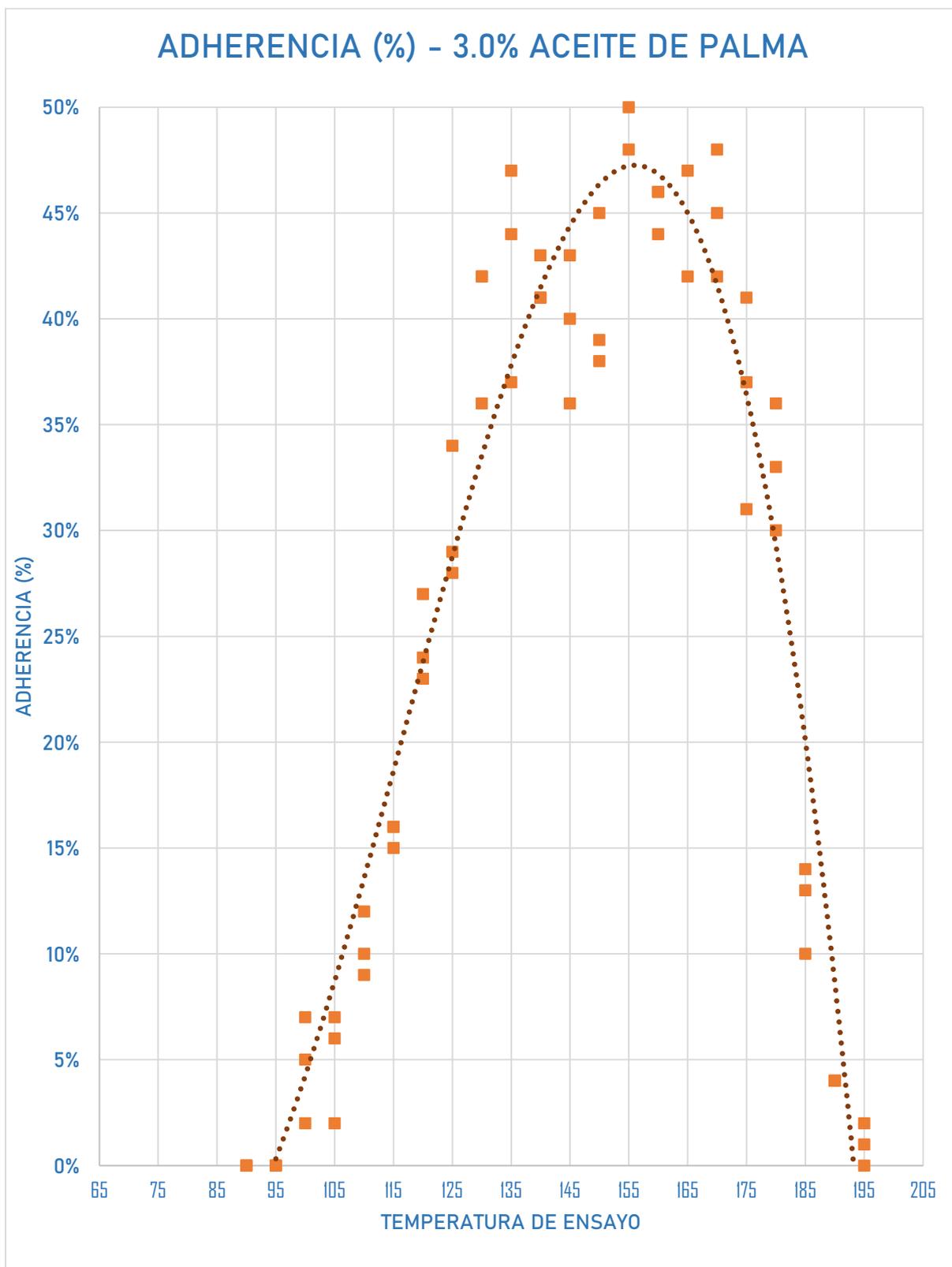


Figura 52. Porcentaje de adherencia con 3.0% de adición de aceite de palma

4.3.4. OG – DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Con el objetivo de determinar cuál es la influencia de la adición del aceite de palma en las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica, se grafica el resumen general del comportamiento de las propiedades mecánicas y físicas a distintos porcentajes de adición de aceite de palma en comparación con la mezcla asfáltica patrón empleada, como se especifica a continuación.

En la figura 53, se presenta el comportamiento de la estabilidad ante la variación de la temperatura cada 10°C de la muestra patrón y de las muestras modificadas a distintos porcentajes de adición de aceite de palma. En la cual se puede interpretar que a una temperatura de entre los 150°C a 160°C (rango de temperatura recomendado por la normativa de la metodología Marshall) la resistencia en kilogramos de la mezcla asfáltica tiende a bajar a medida que se añade el aceite de palma en comparación con la muestra patrón.

También se observa en la figura 53 que los valores de estabilidad modificados con adición de aceite de palma conservan mejor sus respectivos valores de estabilidad máxima en temperaturas entre los 120°C a 140°C en contraste con el diseño de mezcla asfáltica sin modificar, que cae considerablemente ante este descenso de temperatura en sus valores de estabilidad. Comprobando la hipótesis general planteada en la presente investigación, en temperaturas por debajo de los 170°C y por encima de los 120°C, existe una conservación de la estabilidad ante la variación de la temperatura en la mezcla asfáltica en caliente, lo cual nos permite evaluar un porcentaje de mezcla óptimo de adición de aceite de palma al 3.00% en cuanto a la mayor conservación de la resistencia se refiere.

En la figura 54, se presenta el comportamiento del flujo ante la variación de la temperatura cada 10°C de la muestra control y de las muestras modificadas a distintos porcentajes de adición de aceite de palma. En la cual se puede interpretar que las muestras modificadas con adición de aceite de palma presentan una tendencia a aumentar la deformación, a medida que aumenta el porcentaje de aceite de palma en la mezcla. Contrastando las

propiedades de conservación y un óptimo porcentaje de adición de aceite de palma, tomando en cuenta el diseño que conserva mejor también las propiedades estables, se tiene que para el 3.0% de adición de aceite de palma, las temperaturas de 120°C a 150°C se mantienen dentro de los límites permisibles por la normativa de la metodología Marshall en la deformación (2 mm. - 3.5 mm.) de la mezcla asfáltica.

De la misma forma, se observa en las figuras 55 y 56 una tendencia de las mezclas asfálticas modificadas con adición de aceite de palma hacia la pérdida de porcentaje de vacíos en comparación con el diseño de mezcla sin modificar. Cumpliendo de esta manera para temperaturas entre los 130°C a 180°C de la de mezcla asfáltica a 3.0% de adición de aceite de palma para el porcentaje de vacíos exigidos por la normativa de la metodología Marshall. El porcentaje de vacíos en el agregado mineral cumple el mínimo requerido de 15% (especificado por la normativa de la metodología Marshall) para un máximo de 150°C de temperatura.

En la figura 57, se presenta el comportamiento de la adherencia ante la variación de la temperatura cada 5°C de la muestra control y de las muestras modificadas a distintos porcentajes de adición de aceite de palma. En la cual se puede interpretar que a una temperatura de entre los 150°C a 160°C (rango de temperatura recomendado por la normativa de la metodología Marshall) el porcentaje de adherencia del diseño de mezcla tiende a aumentar a medida que aumenta el porcentaje de adición de aceite de palma. Se evidencia que para un 3.00% de adición de aceite de palma se obtiene la mejor adherencia dentro del rango de temperatura de 120°C a 170°C. También se tiene que para temperaturas por debajo de los 140°C se mantiene la tendencia a disminuir el porcentaje de adherencia en la misma proporción en que el diseño de mezcla sin modificar decrece. Finalmente, para temperaturas por encima de los 180°C parece no influir la adición de aceite de palma en la adherencia, ya que mantiene relativamente los mismos valores y tendencia del diseño de mezcla sin modificar.

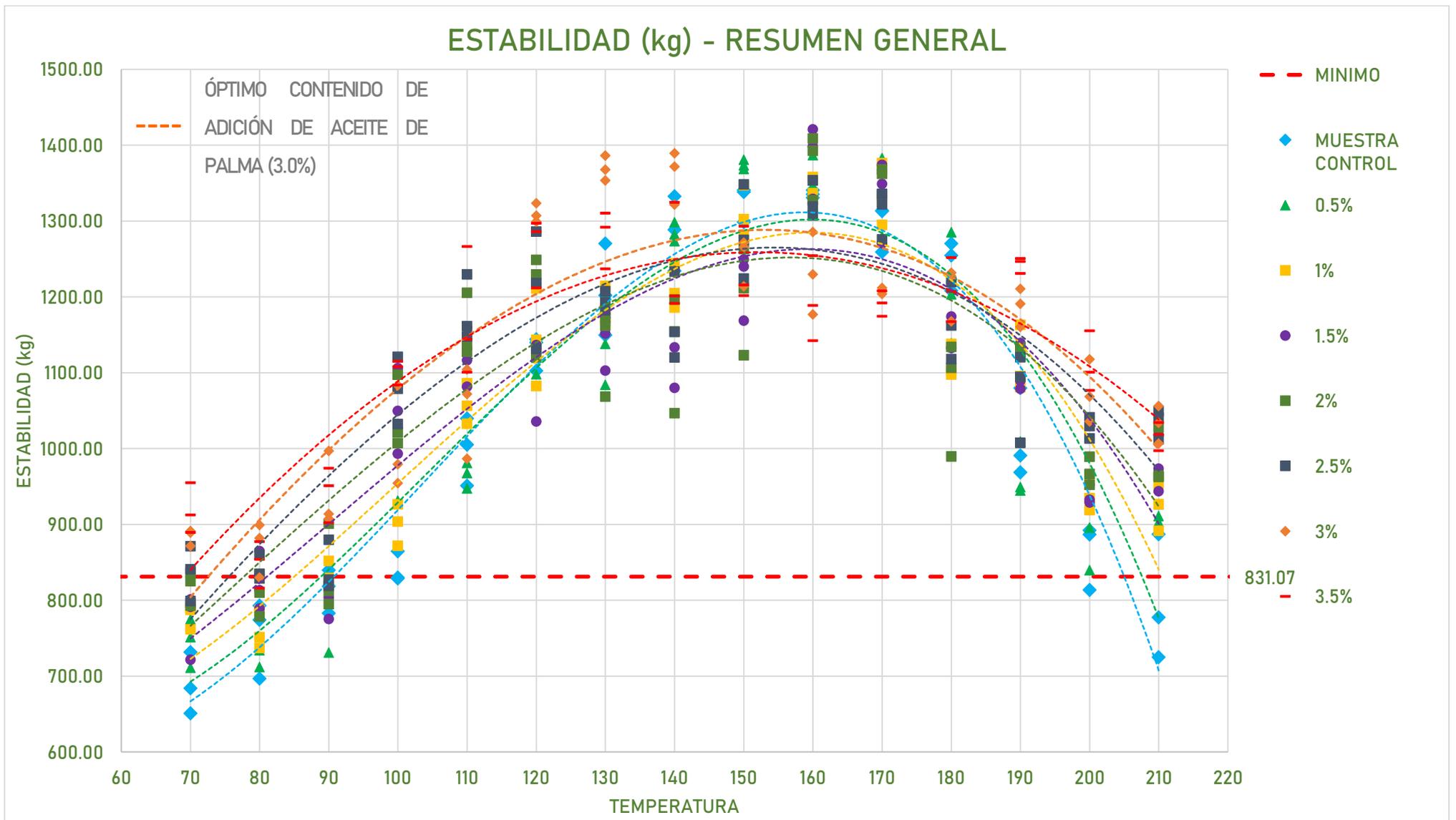


Figura 53. Resumen General de la Estabilidad

FLUJO (mm) - RESUMEN GENERAL

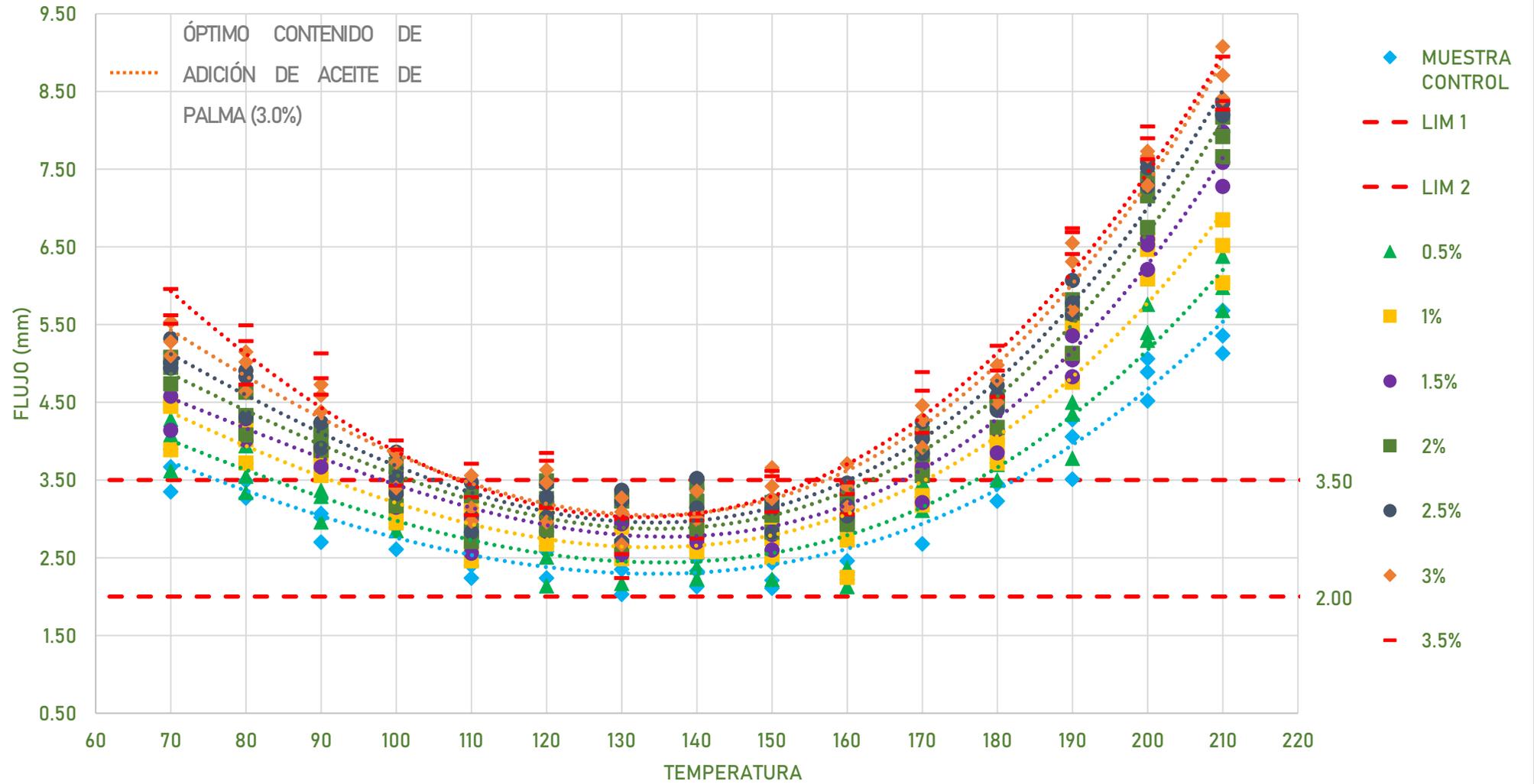


Figura 54. Resumen General del Flujo

VACÍOS (%) - RESUMEN GENERAL

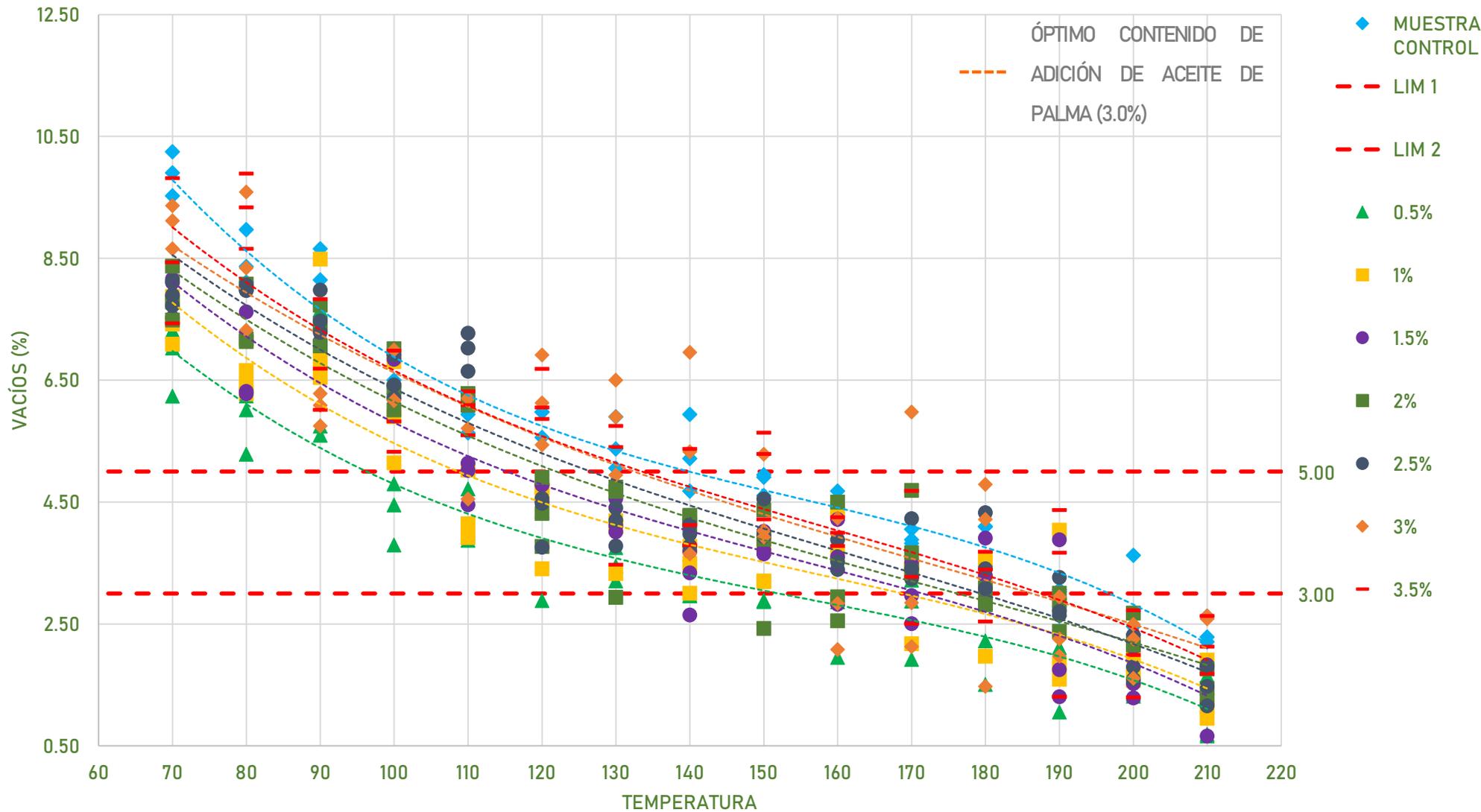


Figura 55. Resumen General del Porcentaje de Vacíos

VMA (%) - RESUMEN GENERAL

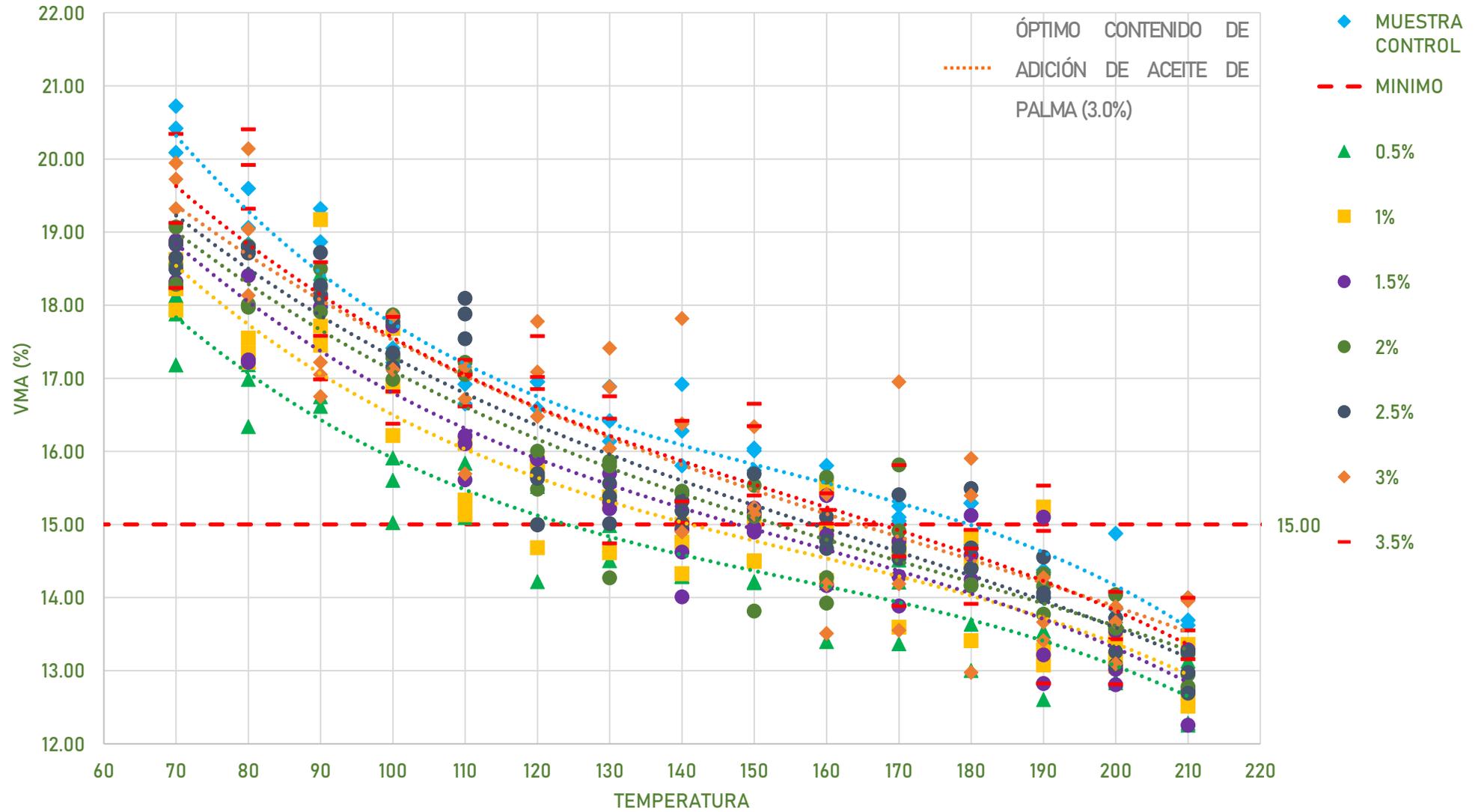


Figura 56. Resumen General del Porcentaje de VMA

ADHERENCIA (%) - DIFERENCIAL DE TEMPERATURA

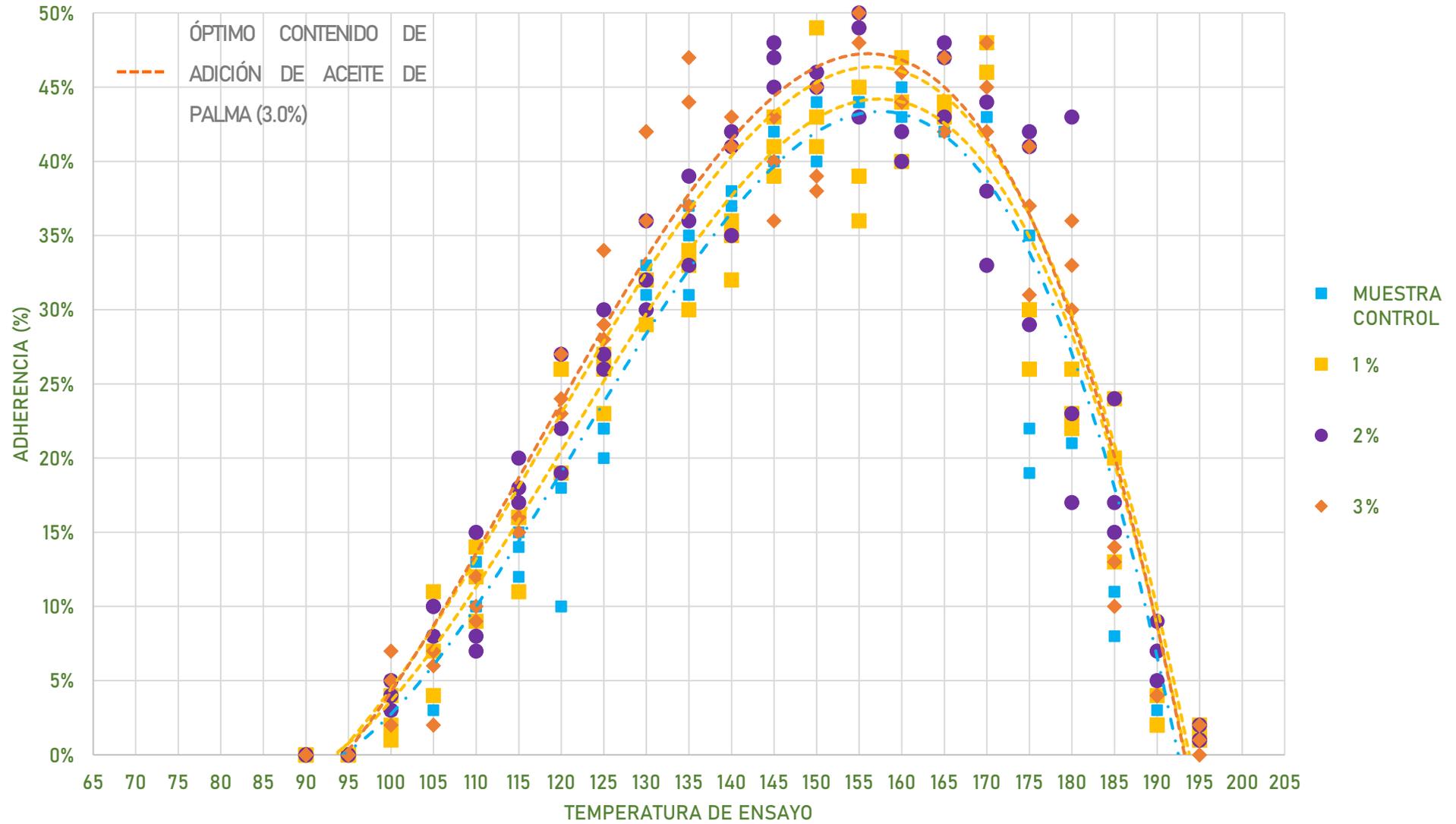


Figura 57. Resumen General del Porcentaje de Adherencia

- **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

Empleando el programa IBM SPSS Statistics, se trabajarán los datos obtenidos de los ensayos de las briquetas de Marshall empleando 3.00% de adición de aceite de palma, para que mediante análisis estadísticos se puedan analizar y validar los resultados. A continuación, se mostrarán los resultados mediante las pruebas de normalidad, de varianza y correlación.

Datos de muestras con 3.00% de adición de aceite de palma – propiedades mecánicas

PRUEBA DE NORMALIDAD

Se efectuó la prueba de Shapiro-Wilk, ya que el número de muestras analizadas es menor a 50, para comprobar que muestre un comportamiento de distribución normal en un conjunto de datos. Mediante las pruebas de normalidad, se identificaron los coeficientes de correlación de la significancia, para así determinar cuál va a ser la correlación con la que se trabajará; para ello, se usa el siguiente criterio en donde si al menos un valor de significancia está por debajo de 0.5, se trabajará con Spearman; por el contrario, si todos los valores se encuentran por encima de 0.5, se trabajará con Pearson.

Tabla 37. Prueba de normalidad. Estabilidad (kg) – Temperatura (°C)

Temperatura (°C)	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Estabilidad de muestra con 3.00% de aceite de palma (kg)	70	0.349	3	.	0.832	3	0.194
	80	0.292	3	.	0.923	3	0.464
	90	0.363	3	.	0.802	3	0.120
	100	0.317	3	.	0.888	3	0.349
	110	0.280	3	.	0.937	3	0.517
	120	0.258	3	.	0.960	3	0.614
	130	0.200	3	.	0.995	3	0.863
	140	0.287	3	.	0.929	3	0.487
	150	0.350	3	.	0.828	3	0.184
	160	0.177	3	.	1.000	3	0.968
	170	0.214	3	.	0.989	3	0.803
	180	0.363	3	.	0.803	3	0.121
	190	0.223	3	.	0.985	3	0.765
	200	0.218	3	.	0.987	3	0.785
	210	0.195	3	.	0.996	3	0.882

Nota: Elaborada con el Software IBM SPSS Statistics

En la tabla 35 de prueba de normalidad, se presenta la evaluación de la estabilidad en relación con la temperatura, donde varias de las significancias se hallan por debajo del 0.5, por lo que se analizará mediante Spearman.

Tabla 38. Prueba de normalidad. Flujo (mm) – Temperatura (°C)

Temperatura (°C)	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Flujo de muestra con 3.00% de aceite de palma (mm)	70	0.215	3	.	0.989	3	0.800
	80	0.290	3	.	0.926	3	0.473
	90	0.219	3	.	0.987	3	0.780
	100	0.285	3	.	0.932	3	0.497
	110	0.275	3	.	0.944	3	0.542
	120	0.297	3	.	0.917	3	0.441
	130	0.269	3	.	0.949	3	0.567
	140	0.368	3	.	0.790	3	0.092
	150	0.219	3	.	0.987	3	0.780
	160	0.186	3	.	0.998	3	0.921
	170	0.253	3	.	0.964	3	0.637
	180	0.222	3	.	0.986	3	0.771
	190	0.279	3	.	0.939	3	0.523
	200	0.339	3	.	0.850	3	0.241
	210	0.194	3	.	0.996	3	0.885

Nota: Elaborada con el Software IBM SPSS Statistics

En la tabla 36 de prueba de normalidad, se presenta la evaluación del flujo en relación con la temperatura, donde varias de las significancias se hallan por debajo del 0.5, por lo que se analizará mediante Spearman.

DIAGRAMA DE CAJAS

Empleando el diagrama de cajas se podrán exponer los rangos de dispersión de los datos recolectados, por lo que se obtienen los diagramas que se muestran a continuación y se verificará si los datos se encuentran en estos rangos de dispersión.

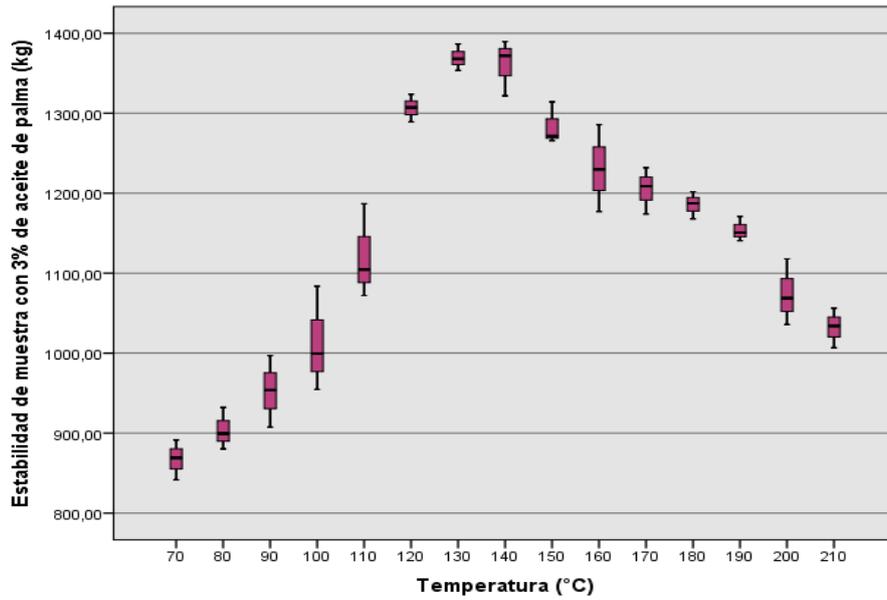


Figura 58. Diagrama de cajas. Estabilidad (kg) – Temperatura (°C). Elaborada con el Software IBM SPSS Statistics

La dispersión en la varianza mediante el diagrama de cajas con respecto a la Estabilidad y la Temperatura se encuentra dentro de los rangos permitidos, como se muestra en la Figura 58.

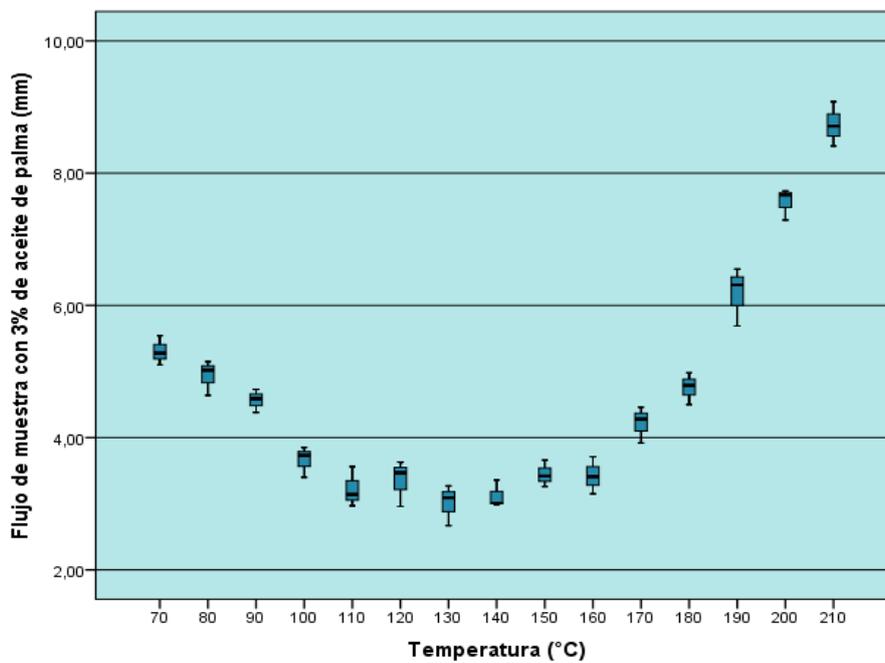


Figura 59. Diagrama de cajas. Flujo (mm) – Temperatura (°C). Elaborada con el Software IBM SPSS Statistics

La dispersión en la varianza mediante el diagrama de cajas con respecto al Flujo y la Temperatura se encuentra dentro de los rangos permitidos, como se muestra en la figura 59.

Se deduce que los ensayos fueron correctos, ya que la dispersión en la varianza con respecto a la estabilidad y flujo con relación a la temperatura está dentro del rango permitido; por lo cual, no habría problema en comprobar los resultados por Spearman.

Para el valor de rho (coeficiente de Spearman), el cual nos permitirá saber si las variables en la correlación están asociadas o son interdependientes, se identificó la intensidad según el rango que presenten las correlaciones, empleando la siguiente tabla 37.

Tabla 39. *Tipo de correlación de las variables*

RANGOS	TIPO DE CORRELACIÓN
-0.91 a -1.00	Correlación negativa perfecta
-0.76 a -0.90	Correlación negativa muy fuerte
-0.51 a -0.75	Correlación negativa considerable
-0.11 a -0.50	Correlación negativa media
-0.01 a -0.10	Correlación negativa debil
0	No existe correlación
1.00 a 10.00	Correlación positiva débil
0.11 a 0.50	Correlación positiva media
0.51 a 0.75	Correlación positiva considerable
0.76 a 0.89	Correlación positiva muy fuerte
0.90 a 1.00	Correlación positiva perfecta

Nota: Adaptada de (Hernández, y otros, 2010), p-312.

La correlación entre la temperatura a la que se realizó el ensayo y la estabilidad de la muestra control se determinará empleando el “Tipo de correlación de variables”.

Ho: $\rho = 0$ – No existe correlación entre la temperatura para el ensayo y la estabilidad de la muestra control.

Hi: $\rho \neq 0$ – Existe correlación entre la temperatura para el ensayo y la estabilidad de la muestra control.

Tabla 40. *Correlación bivariado entre Temperatura (°C) - Estabilidad (kg) de muestra con 3.00% de adición de aceite de palma*

			Temperatura (°C)	Estabilidad de muestra con 3.00% de aceite de palma (kg)
Rho de Spearman	Temperatura (°C)	Coeficiente de correlación	1.000	.330*
		Sig. (bilateral)	.	0.027
		N	45	45
	Estabilidad de muestra con 3.00% de aceite de palma (kg)	Coeficiente de correlación	.330*	1.000
		Sig. (bilateral)	0.027	.
		N	45	45

Nota: Elaborada con el Software IBM SPSS Statistics

El coeficiente de correlación obtenido es de 0.330; se encuentra en el intervalo de 0.110 a 0.500. Empleando el “Tipo de correlación de variables”, se obtiene una correlación positiva media, por lo que se concluye que al variar un poco la temperatura la estabilidad también varía de forma positiva.

La correlación entre la temperatura a la que se realizó el ensayo y el flujo de la muestra con 3.00% de adición de aceite de palma se determinará empleando el “Tipo de correlación de variables”.

Ho: $\rho = 0$ – No existe correlación entre la temperatura para el ensayo y el flujo de la muestra con 3.00% de adición de aceite de palma.

Hi: $\rho \neq 0$ – Existe correlación entre la temperatura para el ensayo y el flujo de la muestra con 3.00% de adición de aceite de palma.

Tabla 41. *Correlación bivariado entre Temperatura (°C) - Flujo (mm) de muestra con 3.00% de adición de aceite de palma*

			Temperatura (°C)	Flujo de muestra con 3.00% de aceite de palma (mm)
Rho de Spearman	Temperatura (°C)	Coeficiente de correlación	1.000	.334*
		Sig. (bilateral)	.	0.025
		N	45	45
	Flujo de muestra con 3.00% de aceite de palma (mm)	Coeficiente de correlación	.334*	1.000
		Sig. (bilateral)	0.025	.
		N	45	45

Nota: Elaborada con el Software IBM SPSS Statistics

El coeficiente de correlación obtenido es de 0.334; se encuentra en el intervalo de 0.11 a 0.50. Empleando el “Tipo de correlación de variables”, se obtiene una correlación positiva media, por lo que se concluye que al variar un poco la temperatura el flujo también varía de forma positiva.

GRÁFICO DE DISPERSIÓN DE PUNTOS

Este tipo de gráficos se emplearán para comprobar que los datos resultantes de los ensayos permanezcan dentro de rangos admisibles, por lo que se presentarán las características que evaluaron al variar las temperaturas de los ensayos. Cada gráfica de dispersión de puntos presentará, además, la línea de tendencia cúbica, la cual nos brinda una ecuación que servirá para calcular las proyecciones que tendrán las características que se presentarán en función de la temperatura como se observa en la figura 60.

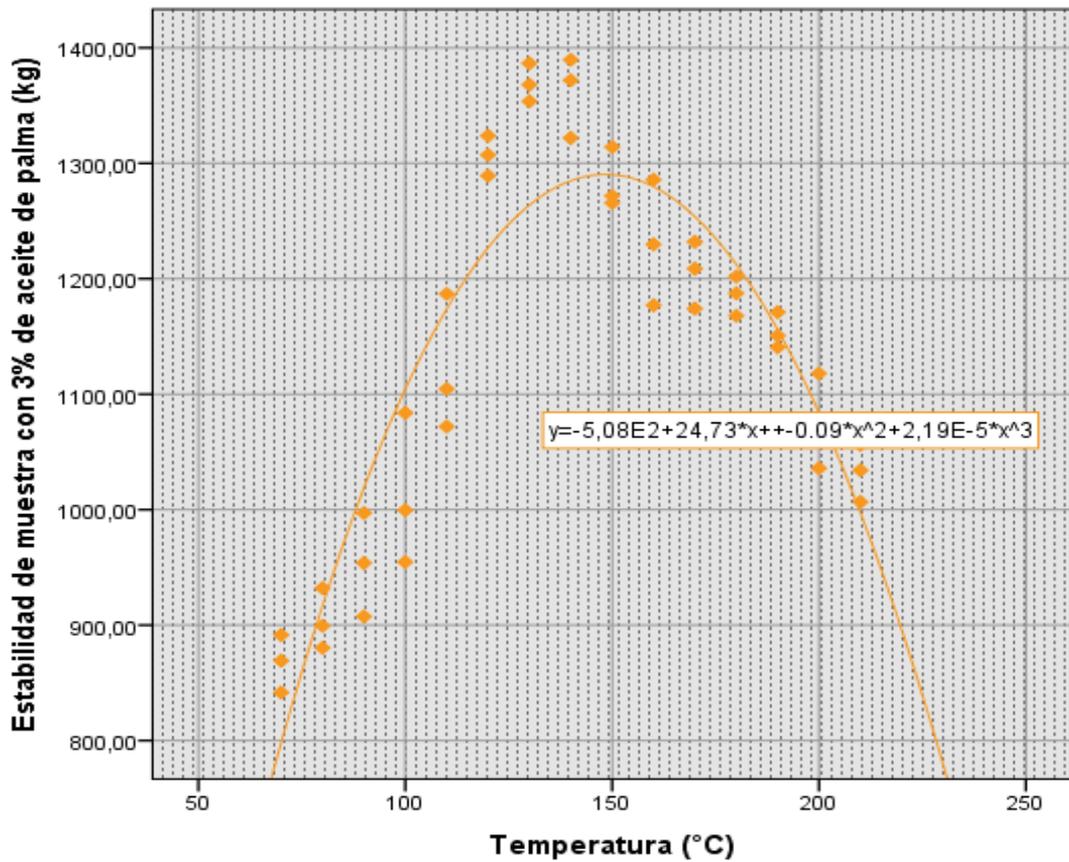


Figura 60. Gráfica de estabilidad en muestra con adición aceite de palma al variar la temperatura. Elaborada con el Software IBM SPSS Statistics

Se puede observar en la figura 60 que, a una temperatura de 145°C, se obtiene la estabilidad máxima de 1289.4kg, empleando la ecuación de la gráfica; también se observa que, al empezar a aumentar la temperatura desde ese punto, la estabilidad comienza a disminuir.

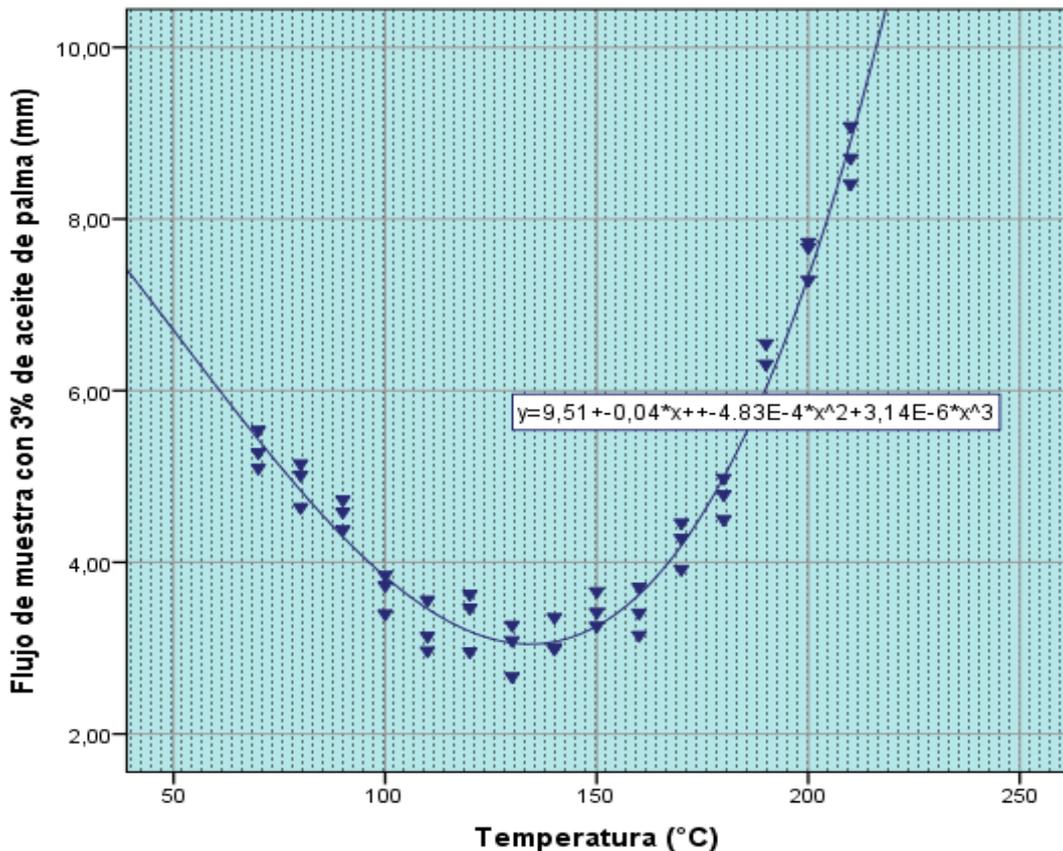


Figura 61. Gráfica de flujo en muestra con adición de aceite de palma al variar la temperatura. Elaborada con el Software IBM SPSS Statistics

Se puede observar en la figura 61 que, a una temperatura de 134°C, se obtiene el flujo mínimo de 3.032mm, empleando la ecuación de la gráfica; también se observa que, al empezar a aumentar la temperatura desde ese punto, el flujo comienza a aumentar.

Datos de muestras con 3.00% de adición de aceite de palma – propiedades físicas

PRUEBA DE NORMALIDAD

Se efectuó la prueba de Shapiro-Wilk, ya que la muestra que se analizó es menor a 50, para comprobar que muestre un comportamiento de distribución normal en un conjunto de datos. Mediante las pruebas de normalidad, se identificarán los coeficientes de correlación de la significancia, para así

determinar cuál va a ser la correlación con la que se trabajará; para ello, se usa el siguiente criterio, en donde si al menos un valor de significancia está por debajo de 0.5, se trabajará con Spearman; por el contrario, si todos los valores se encuentran por encima de 0.5, se trabajará con Pearson.

Tabla 42. Prueba de normalidad. Adherencia (%) con (aceite de palma) – Temperatura (°C)

Temperatura (°C)	Kolmogorov-Smirnov ^c			Shapiro-Wilk			
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.	
Porcentaje de adherencia en bandeja (%)	100	0.219	3	.	0.987	3	0.780
	105	0.314	3	.	0.893	3	0.363
	110	0.253	3	.	0.964	3	0.637
	115	0.385	3	.	0.750	3	0.000
	120	0.292	3	.	0.923	3	0.463
	125	0.328	3	.	0.871	3	0.298
	130	0.385	3	.	0.750	3	0.000
	135	0.269	3	.	0.949	3	0.567
	140	0.385	3	.	0.750	3	0.000
	145	0.204	3	.	0.993	3	0.843
	150	0.337	3	.	0.855	3	0.253
	155	0.253	3	.	0.964	3	0.637
	160	0.385	3	.	0.750	3	0.000
	165	0.196	3	.	0.996	3	0.878
	170	0.175	3	.	1.000	3	1.000
	175	0.219	3	.	0.987	3	0.780
	180	0.175	3	.	1.000	3	1.000
	185	0.292	3	.	0.923	3	0.463
	195	0.175	3	.	1.000	3	1.000

Nota: Elaborada con el Software IBM SPSS Statistics

En la tabla 40, se presenta la evaluación de la normalidad de adherencia de la muestra con 3.00% de adición de aceite de palma en relación con la temperatura, donde varias de las significancias se hallan por debajo del 0.5, por lo que se analizará mediante Spearman.

DIAGRAMA DE CAJAS

Empleando el diagrama de cajas, se podrán exponer los rangos de dispersión de los datos recolectados, por lo que se obtienen los diagramas que se muestran a continuación y se verificará si los datos se encuentran en estos rangos de dispersión como se observa en la figura 62.

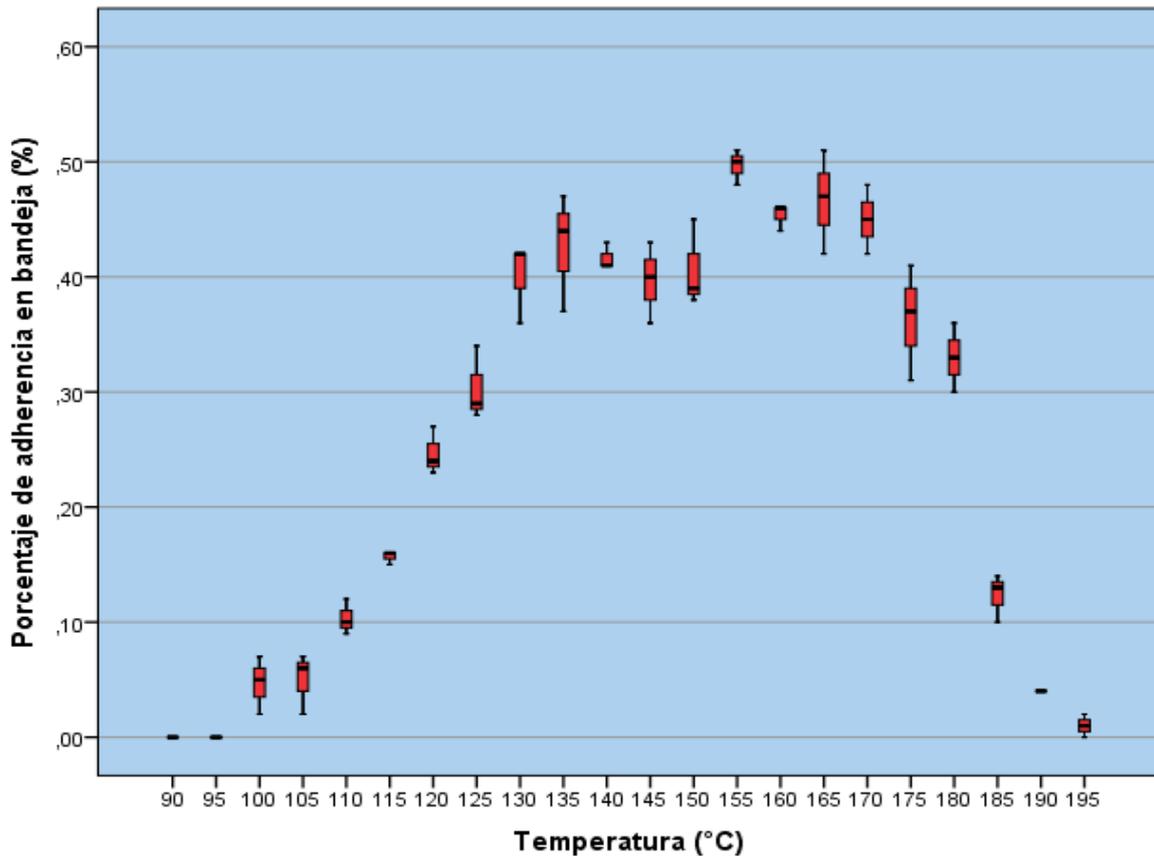


Figura 62. Diagrama de cajas. Porcentaje de Adherencia (%) – Temperatura (°C).

Elaborada con el Software IBM SPSS Statistics

Ya que la dispersión en la varianza, con respecto al porcentaje de adherencia con 3.00% de adición de aceite de palma con relación a la temperatura, está dentro del rango permitido, se deduce que los ensayos están correctos; por lo cual, no habría problema en comprobar las hipótesis por Spearman.

Se deduce que los ensayos fueron correctos, ya que la dispersión en la varianza, con respecto al porcentaje de adherencia con relación a la

temperatura, está dentro del rango permitido, por lo cual no habría problema en comprobar las hipótesis por Spearman.

Para el valor de rho (coeficiente de Spearman), el cual nos permitirá saber si las variables en la correlación están asociadas o son interdependientes, se identificó la intensidad según el rango que presenten las correlaciones, empleando la tabla 41.

La correlación entre la temperatura a la que se realizó el ensayo y el porcentaje de adherencia de la muestra con 3.00% de adición de aceite de palma se determinará empleando el “Tipo de correlación de variables”.

Ho: $\rho = 0$ – No existe correlación entre la temperatura para el ensayo y el porcentaje de adherencia de la muestra con 3.00% de adición de aceite de palma.

Hi: $\rho \neq 0$ – Existe correlación entre la temperatura para el ensayo y el porcentaje de adherencia de la muestra con 3.00% de adición de aceite de palma.

Tabla 43. *Correlación bivariado entre Temperatura – Porcentaje de adherencia (%) de muestra con 3.00% de adición de aceite de palma*

			Temperatura (°C)	Porcentaje de adherencia en bandeja (%)
Rho de Spearman	Temperatura (°C)	Coefficiente de correlación	1.000	.337**
		Sig. (bilateral)	.	0.006
		N	66	66
	Porcentaje de adherencia en bandeja (%)	Coefficiente de correlación	.337**	1.000
		Sig. (bilateral)	0.006	.
		N	66	66

Nota: Elaborada con el Software IBM SPSS Statistics

El coeficiente de correlación obtenido es de 0.337; se encuentra en el intervalo de 0.11 a 0.50. Empleando el “Tipo de correlación de variables”, se tiene como tipo de correlación una correlación positiva media, por lo que se concluye que, al variar un poco la temperatura, el porcentaje de adherencia también varía de forma.

Este tipo de gráficos se emplearán para comprobar que los datos resultantes de los ensayos permanezcan dentro de rangos admisibles, por lo que se presentarán las características que evaluaron al variar las temperaturas de los ensayos. Cada gráfica de dispersión de puntos presentará, además, la línea de tendencia cúbica, la cual nos brinda una ecuación que servirá para calcular las proyecciones que tendrán las características que se presentarán en función de la temperatura como se observa en la figura 63.

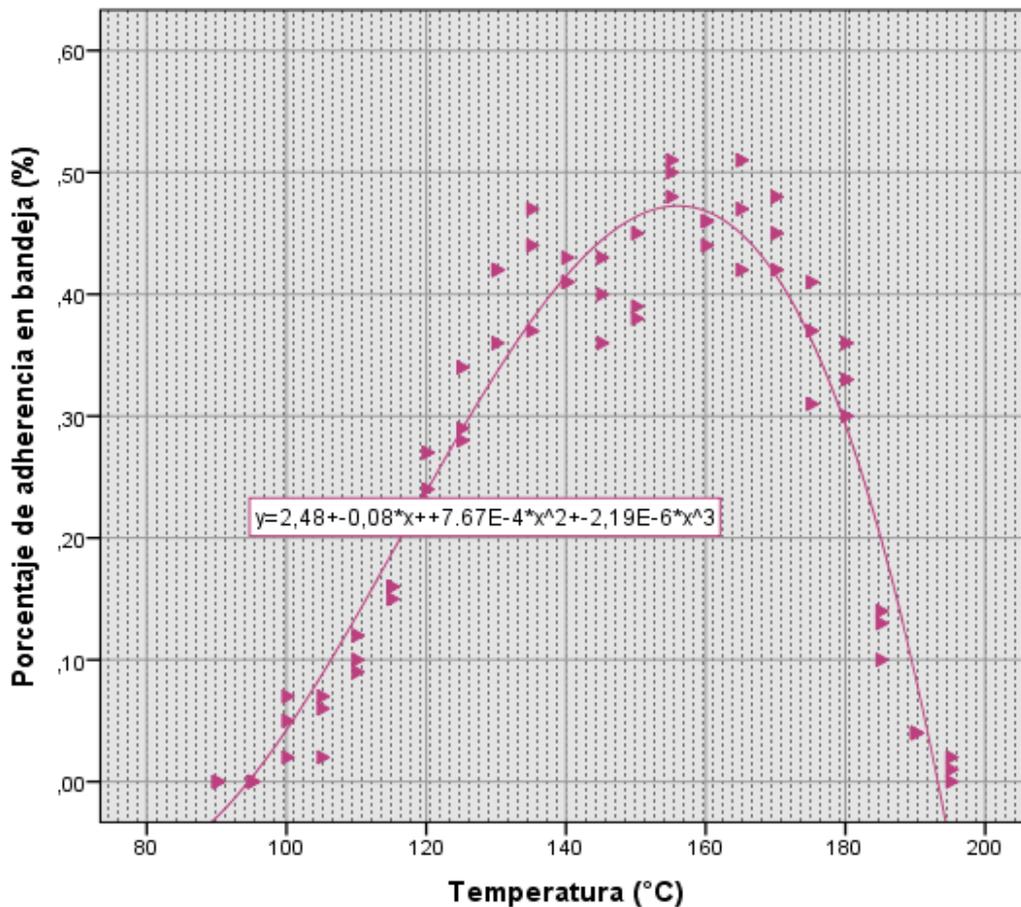


Figura 63. Gráfica de estabilidad en muestra con adición aceite de palma al variar la temperatura. Elaborada con el Software IBM SPSS Statistics

Se puede observar en la figura 63 que, a una temperatura de 155°C , se obtiene el porcentaje de adherencia máximo de 47%, empleando la ecuación de la gráfica; también se observa que, al empezar a aumentar la temperatura desde ese punto, el porcentaje de adherencia comienza a disminuir.

CONCLUSIONES

1. La adición de aceite de palma influye de forma significativa en lo que se refiere a la conservación de las propiedades de las mezclas asfálticas en caliente ante condiciones naturales por efecto del descenso de temperatura. Con respecto a las propiedades mecánicas, la estabilidad presenta un descenso de su resistencia máxima obtenida en un 8.44%, el flujo presenta una tendencia a aumentar su deformación, pero, aun así, estas propiedades se conservan mejor y en un rango más prolongado de temperatura en comparación con la tendencia de la mezcla asfáltica patrón. Con respecto a las propiedades físicas, de igual manera, la adherencia se vio afectada por la adición de aceite de palma, obteniendo porcentajes de adherencia por encima de los porcentajes de la mezcla patrón. Lo que refleja una compensación por la pérdida de su estabilidad máxima con un incremento de adherencia del 6.00%.
2. Se concluye que la mezcla asfáltica en caliente patrón obtenida reúne las características de una mezcla asfáltica en caliente convencional diseñada para atender las solicitudes de la provincia de Huancayo bajo la metodología Marshall y la utilización de agregado mineral proveniente de la cantera Chupuro. Con el porcentaje óptimo de ligante asfáltico (PEN 85-100) de 4.5%, los valores de estabilidad (kg), flujo (mm), vacíos en la mezcla asfáltica (%), vacíos en el agregado mineral (%) y adherencia (%), cumplen con todos los límites mínimos y máximos, especificaciones y consideraciones económicas. Además, se evidencia que, ante un descenso de temperatura, disminuyen considerablemente las propiedades de la mezcla asfáltica patrón en comparación con su temperatura de compactación de 160°C.

3. La mezcla asfáltica modificada con adición de aceite de palma, a partir de la mezcla asfáltica patrón, también reúne las características para atender las solicitudes de la provincia de Huancayo siguiendo la metodología Marshall y la utilización de agregado mineral proveniente de la cantera Chupuro. Las propiedades mecánicas y físicas se mantienen dentro de los límites mínimos y máximos. Por tanto, se puede afirmar que el aceite de palma puede ser incorporado y utilizado como modificador de mezclas asfálticas en caliente dependiendo de las propiedades que se quieran preservar.
4. Se afirma que la mezcla asfáltica con adición de aceite de palma, a temperaturas convencionales de compactación de entre 150°C a 160°C, no tiene el mismo desempeño, debido a que sus propiedades en estas temperaturas son menores en comparación con la mezcla asfáltica patrón; sin embargo, a medida que la temperatura desciende, los valores en las propiedades de la mezcla asfáltica con adición de aceite de palma logran mantenerse y además superar a la mezcla asfáltica patrón desde los 145°C en descenso; es decir, la mezcla asfáltica modificada reduce su estabilidad para conservarla ante un descenso en su temperatura y también incrementa su deformación por la modificación del ligante asfáltico, y reduce el porcentaje de vacíos.
5. Finalmente, se concluye que, con la adición del 3.00% de aceite de palma, la mezcla asfáltica en caliente modificada presenta el mejor comportamiento, desempeño y características en cuanto a la conservación de sus propiedades. Y se puede afirmar que esta adición presenta el mayor porcentaje de conservación para la estabilidad y además mejora significativamente la adherencia de la mezcla asfáltica en caliente expuesta a un descenso en su temperatura producto de tiempos de transportes prolongados en climas fríos desde la planta de producción hasta la obra.

RECOMENDACIONES

1. Para climas fríos, donde se evidencia un descenso de la temperatura producto de los tiempos de transporte prolongados, se recomienda adicionar el aceite de palma a las mezclas asfálticas en un 3.00%, teniendo en cuenta que se emplea un aditivo mejorador natural que mitiga la alta emisión de los gases tóxicos que produce llevar al ligante asfáltico a altas temperaturas. Esto también implica una reducción de costos de producción de mezcla asfáltica en caliente al lograr mezclar los agregados y el ligante a más bajas temperaturas de las convencionales.
2. Para mejorar la adherencia de la mezcla asfáltica en bajos porcentajes, se recomienda el uso del aceite de palma en la mezcla asfáltica, debido a que es una opción económica y natural, en comparación con aditivos mejoradores de adherencia industrializados que dañan el medio ambiente por la emisión en mayor proporción de los gases tóxicos.
3. Después de realizado el presente trabajo de investigación, se propone profundizar el estudio de la adición del aceite de palma en mezclas asfálticas con algún aditivo mejorador de resistencia, debido a que el aceite de palma tiende a reducir la estabilidad base del diseño de mezcla asfáltica en caliente para conservar sus propiedades a bajas temperaturas y si se busca priorizar la resistencia del pavimento asfáltico, una adición de algún aditivo mejorador podría potenciar al aceite de palma positivamente, obteniendo un nuevo

mejorador que emplee un aceite natural dentro de su composición, en favor del medio ambiente.

4. Finalmente, se recomienda, para investigaciones futuras, analizar la influencia que pueden tener los filler como el cemento o la cal en el diseño de mezcla expuesto a diferenciales de temperatura, puesto que en la presente investigación se trabajó con una compensación de finos del material propio obtenido de la arena procesada, esto para aislar las variables en estudio de algún agente externo que pudiese alterar los datos obtenidos. Ya que el cemento podría aumentar la resistencia de la mezcla asfáltica y la cal podría alterar la adherencia dependiendo de la dosificación empleada para la mezcla asfáltica en caliente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bibliografía

- Aguilar Velasquez, Dedky Antonella. 2019.** *Análisis de desempeño por humedad de una mezcla asfáltica convencional con gradación Superpave y Marshall.* Arequipa : Universidad Nacional de San Agustín, 2019.
- Amir Golalipour, Amir. 2018.** *Investigation of the Effect of Oil Modification on Critical.* Madison : University Wisconsin, 2018.
- Bahia, H. U., y otros. 2001.** *Caracterización de los Ligantes de Asfalto Modificados en el Diseño de Mezclas Superpave. Preparado para el Programa Nacional de Investigación Cooperativa de Carreteras.* Washington, D.C. : National Research Council, 2001.
- Bautista Sanchez, Monica Andrea. 2012.** *Características del Asfalto en el comportamiento de Mezclas Asfálticas MDC-2 del INVIAS.* Bogota : Universidad Militar Nueva Granada, 2012.
- Bernal Torres, César Augusto. 2010.** *Metodología de la investigación, administración, economía, humanidades y ciencias sociales.* Colombia : s.n., 2010.
- Cáceres. 2007.** *Diseño Marshall.* México : C.A.C., 2007.
- Caicedo, Sara Catherine Plaza Torralvo / Ginna Tatiana Rincón. 2014.** *Estudio de la susceptibilidad al daño por humedad de una mezcla asfáltica para rodadura utilizando asfalto 80-100 y su relación con el desempeño de campo.* Bogota : Pontificia Universidad Javeriana Bogotá, 2014.

- Crespin Molina, Rafael Alexander, Santa Cruz Jovel, Ismael Ernesto y Torres Linares, Pablo Alberto. 2012.** *Aplicacion del Metodo Superpave y granulometria Superpave en el Diseño de Mezcla Asfálticas en Caliente con Asfalto clasificacion Grado de Desempeño.* Salvador : Universidad de El Salvador, 2012.
- De la Cruz Bazán, Paulino y Porras Zabala , Mario José. 2014.** *Evaluación De Desempeño De Mezclas Asfálticas En Caliente Diseñadas Por La Metodología Marshall Con El Ensayo De La Rueda Cargada De Hamburgo Para El Proyecto De Rehabilitación De La Carretera Dv Imperial-Pampas.* Pampas : Ricardo Palma, 2014.
- De la Cruz Bazán, Paulino y Porras Zavala, Mario José. 2015.** *Evaluación de desempeño de mezclas asfálticas en caliente diseñadas por la metodología Marshall con el ensayo de la Rueda Cargada de Hamburgo para el proyecto de rehabilitación de la carretera de Imperial - Pampas.* Lima, Perú : s.n., 2015.
- Demirbas, M. y Balat, Mustafa. 2006.** *Recent advances on the production and utilization trends of bio-fuels: A global perspective.* Washington D. C. : Energy Conversion and Management, 2006. 47.
- Estrada Escalante, Victor Rafael. 2017.** *Estudio y Analisis de desempeño de Mezcla Asfáltica convencional PEN 85-100 Plus y Mezcla Asfáltica Modificada con Polimero Tipo SBS PG 70-28.* Cusco : Universidad Andina de Cusco, 2017.
- Figuroa Infante, Ana Sofia. 2016.** *Analisis de la susceptibilidad al daño por la humedad de una mezcla asfáltica a partir del ensayo MIST .* Bogota : Unisalle, 2016.
- Flores Gonzales, Roy Kevin y Rojas Pardo, Joel Guillermo. 2019.** *Comportamiento de las mezclas asfálticas tibias adicionando tensoactivos y sus beneficios respecto a las mezclas asfálticas en caliente.* Lima : Universidad Ricardo Palma, 2019. 1.
- Garnica Anguas, Paul, Deldao Alamilla, Horacio y Sandoval Sandoval, Carlos Daniel. 2005.** *Analisis comparativo de los metodos .* Sanfandila : Laboratorios acreditados EMA, 2005.
- González Castellanos, Roberto. 2003.** *Metodología de la Investigación Científica para las ciencias Técnicas.* Cuba : Universidad de Mantanzas, 2003.

- Guizado Barrios, Agneth Xiomy y Curi Grados, Ricardo Piero. 2015.** *Evaluación Del Concreto Permeable Como Una Alternativa Para El Control De Las Aguas Pluviales En Vías Locales Y Pavimentos Especiales De La Costa Noroeste Del Perú.* Lima : PUCP, 2015.
- Hernández Martínez, Oscar. 2014.** *Comportamiento de las mezclas asfálticas a diferentes niveles de compactación.* Mexico D.F : s.n., 2014.
- Hernández Sampieri, Roberto. 2014.** *Metodología de la investigación.* México : McGraw Hill, 2014.
- Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, P. 2010.** *Metodología de la Investigación.* México : Ediciones Mac Graw Hill, 2010. 5.
- Honary, L.A.T. y Ritcher, E. 2011.** *Tecnología y productos de lubricantes y grasas de base biológica.* John Wiley : Sons Publication, 2011.
- Hoyle, D. y Levang, P. 2012.** *Oil Palm Development in Cameroon. An Ad Hoc Working Paper, WWF. IRD y CIFOR, 2012, Vol. I, 1.*
- Huamán Guerrero, H. 2012.** *La Deformación Permanente En Las Mezclas Asfálticas Y El Consecuente Deterioro De Los Pavimentos Asfálticos En El Perú.* Lima : Universidad Nacional de Ingeniería, 2012.
- Humpiri Pineda, K. 2015.** *ANÁLISIS SUPERFICIAL DE PAVIMENTOS FLEXIBLES PARA EL MANTENIMIENTO DE VIAS EN LA REGION DE PUNO.* Juliaca : Universidad Andina, 2015.
- Jiménez Paneque, Rosa. 2002.** *Metodología de la investigación.* Habana : Ciencia Médicas, 2002.
- JUNPALMA. 2016.** *Estadística de la palma aceitera en el Perú al 2014.* Lima : Edición General, 2016. 1.
- Llano Muñoz, José Luis. 2015.** *Efecto De Los Agregados En El Envejecimiento De La Mezcla Asfáltica.* Bogota : Universidad Javeriana, 2015.
- Lugo Gaia, Juan Diego. 2016.** *Suelos Aluviales.* Madrid : Madridmasd, 2016.
- Lytton, R. L., y otros. 1993.** *Desarrollo y validación de los modelos de predicción de rendimiento y especificaciones para los ligantes de asfalto y mezclas de pavimentación.* Washington, D.C. : SHRP, 1993. National Research Council.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2013.** *Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción - Manual de Carreteras EG-2013.* Lima : s.n., 2013.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2016.** *Manual de Ensayo de Materiales.* Lima : MTC, 2016.
- Miro Recaes, Jorge. 2014.** *Metodología Para La Caracterización De Ligantes Asfálticos Mediante El Empleo Del Ensayo Cantabro.* Bogota : s.n., 2014.
- Miro Recasens, Jorge Rodrigo. 1994.** *Metodología para la caracterización de ligantes asfálticos mediante el empleo del Ensayo Cantabro.* Barcelona, España : s.n., 1994.
- Muller, Wayne Bernard. 2016.** *Caracterización de la humedad dentro de los pavimientos granulares no unidos utilizando un radar de penetración de tierra con desplazamiento múltiple.* Australia : The University Of Queensland, 2016.
- Ñaupas Paitan, Humberto, y otros. 2014.** *Metodología de la investigación.* Bogotá : s.n., 2014.
- Ontiveros Rojas, Leticia. 2013.** *Evaluación de la adherencia entre capas de pavimento empleando diferentes emulsiones asfálticas.* México : s.n., 2013.
- Oseda Gago, Dullo. 2011.** *Aprender y enseñar investigación científica.* Huancavelica : Juan Jose Ore, 2011.
- Pérez Jimenez, Felix y Miro Recasens, Rodrigo. 2005.** *Nuevos Ensayos para la Caracterización de ligantes y mezclas asfálticas.* Cataluña : EspañaUCL, 2005.
- Ramírez González, Alberto. 2003.** *Metodología de la Investigación.* Bogota : Javeriana, 2003.
- Ramón Ruíz, Raul. 2007.** *El Método Científico y sus etapas.* Mexico : Esfinge, 2007.
- Rincón M., Sandra Milena y Martínez C., Daniel Mauricio. 2009.** *Análisis de las propiedades del aceite de palma en el desarrollo de su industria.* Bogotá : PALMAS, 2009. 2.
- Rodríguez, Alejandro Padilla. 2004.** *Mezclas Asfálticas en caliente.* Bogotá : s.n., 2004.
- Rondon Quintana, Hugo Alexander. 2015.** *Pavimento materiales, construcción y diseño.* Bogota : ECOE Ediciones, 2015.
- Rubab, S., y otros. 2011.** *Efectos de los residuos de aceite de motor en la calidad del cemento asfáltico.* Proceedings : Canadian Technical Asphalt Association, 2011.

- Ryan Sylla. 2015.** *Efectos de la modificación del aceite en las características de envejecimiento de los materiales de asfalto.* Madison : University of Wisconsin - Madison, 2015.
- Salour, Farhad. 2015.** *Influencia de la humedad en el comportamiento estructural de los pavimentos.* Stockholm : Royal Institute of Technology, 2015.
- Sanabria, L. 2016.** *Usos del aceite de palma y sus derivados oleoquímicos en la industria de los pavimentos.* Palmas : Especial Tomo II, 2016. 37.
- Sheng Tang, Robert. 2015.** *Modificación de asfalto mediante el uso de bio-oil ESP y aditivo de aceite alto.* Iowa : Iowa State University, 2015.
- Tamayo y Tamayo, Mario. 2003.** *El proceso de la investigación científica.* Mexico : s.n., 2003.
- Taype Matamoros, Edgar Abel. 2016.** *Diseño de explotación de cantera para agregados, distrito de Huayucachi.* Huancayo, Perú : s.n., 2016.
- . **2016.** *Diseño De Explotación De Cantera Para Agregados, Distrito De Huayucachi.* Huancayo : UNCP, 2016.
- Touqeer Shoukat y Pyeong Jun Yoo. 2016.** *Reología del aglutinante de asfalto modificado con aceite de motor de desecho de grado de viscosidad 5W30.* Korea : applied sciences, 2016.
- Touqueer Shoukat y Pyeong Jun Yoo. 2018.** *Rheology of Asphalt Binder Modified with 5W30 Viscosity Grade Waste Engine Oil.* Korea : Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, 2018.
- Universidad Nacional de Ingeniería. 2006.** *Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos.* Lima : Instituto de Construcción y Gerencia, 2006.
- Universidad Politécnica de Madrid. 2007.** *Diseño de Explotación de canteras.* Madrid : Universidad Politécnica de Madrid, 2007.
- Urrego Aguilera, Edward Camilo y Ruíz Ramírez, Camilo Cristian. 2016.** *DETERMINACIÓN DE LA ADHERENCIA EN MEZCLAS ASFÁLTICAS ELABORADAS CON ASFALTOS CONVENCIONALES Y MATERIALES DE PEÑA Y RÍO.* Bogotá : s.n., 2016.
- Urrego Aguilera, Edward Camilo y Ruiz Ramírez, Cristian Camilo. 2016.** *determinación de la adherencia en mezclas asfálticas elaboradas con asfaltos convencionales y materiales de peña y río.* Bogotá D.C. Colombia : s.n., 2016.

- Usquiano Tantalán, I. A & Villareal Guimarey, J. F. 2016.** *Diseño de una mezcla asfáltica tibia con aceite de palma.* Sipán : Pimentel, 2016.
- Valderrama Mendoza, Santiago. 2015.** *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica.* Lima : San Marcos E.I.R.L., 2015.
- . **2015.** *Pasos para elaborar una investigación científica.* Lima : San Marcos, 2015.
- Valdivia Sánchez, Vitmer Lubel. 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 : Universidad César Vallejo, 2017.
- Valeriano Turbo, Wilbert y Catacora Mendoza, Adhemir. 2014.** *Comportamiento del Diseño de Mezcla Asfáltica Tibia, con adición de Zeolita para la Pavimentación de la ciudad de Juliaca.* Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2014.
- Valeriano Turpo, Wilbert & Catacora Mendoza, Adhemir. 2016.** *Comportamiento del diseño de mezcla asfáltica tibia, con adición de zeolita para pavimentar la ciudad de Juliaca.* Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2016.
- Van Der Poel, C. 1954.** *A General System Describing the Visco-Elastic Properties of Bituminous and Its Relation to Routine Test Data.* Shell Laboratorium-Koninklijke : Shell Bitumine Reprint No. 9, 1954.
- Vargas Cordero, Zoila Rosa. 2009.** *LA INVESTIGACIÓN APLICADA: UNA FORMA DE CONOCER LAS REALIDADES CON EVIDENCIA CIENTIFICA.* Costa Rica : s.n., 2009.
- Vitmer Lubel, Valdivia Sánchez. 2017.** *Análisis del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en caliente incorporado polímeros SBS en la avenida Universitaria cuadra 53 al 57 Comas, Lima 2017.* Lima : Universidad Cesar Vallejo, 2017.

ANEXOS

ANEXO 1. Panel fotográfico

MATERIALES PARA EMPLEAR

ANEXO 1. 1. AGREGADO FINO Y AGREGADO GRUESO PROVENIENTE DE LA CANTERA CHUPURO



ANEXO 1. 2. LIGANTE ASFÁLTICO CLASIFICACIÓN PEN 85-100



ANEXO 1. 3. ACEITE DE PALMA



ENSAYO DE GRANULOMETRÍA

ANEXO 1. 4. PROCESO DE TAMIZADO

Según la norma MTC E 204 se realizará el tamizado de los agregados empleando los tamices de 1", 3/4", 1/2", 3/8", N°4, N°8, N°10, N° 16, N°30, N°40, N°50, N°80, N°100, N°200, tapa y fondo.



ANEXO 1. 5. DETERMINACIÓN DE PESO DE MUESTRAS

Se emplearán balanzas con aproximación de 0.1g para muestras de agregado fino y balanzas con aproximación de 0.5g para muestras de agregado grueso, para determinar los pesos retenidos en cada tamiz.



PREPARACIÓN DE LOS ESPECÍMENES

ANEXO 1. 6. EQUIPOS PARA PREPARACIÓN DE ESPECÍMENES

Se usarán moldes cilíndricos, placas de base, collarines y pisón de compactación.



ANEXO 1. 7. PREPARACIÓN DE AGREGADOS

Se pesarán las cantidades de cada fracción de agregado requeridas para la elaboración de los especímenes de acuerdo con la combinación obtenida para MAC-2, y se calentarán las mezclas a 150°C.



ANEXO 1. 8. PREPARACIÓN DEL LIGANTE PARA LA MEZCLA

Se calentará el ligante asfáltico, para posteriormente realizar la mezcla con los agregados.



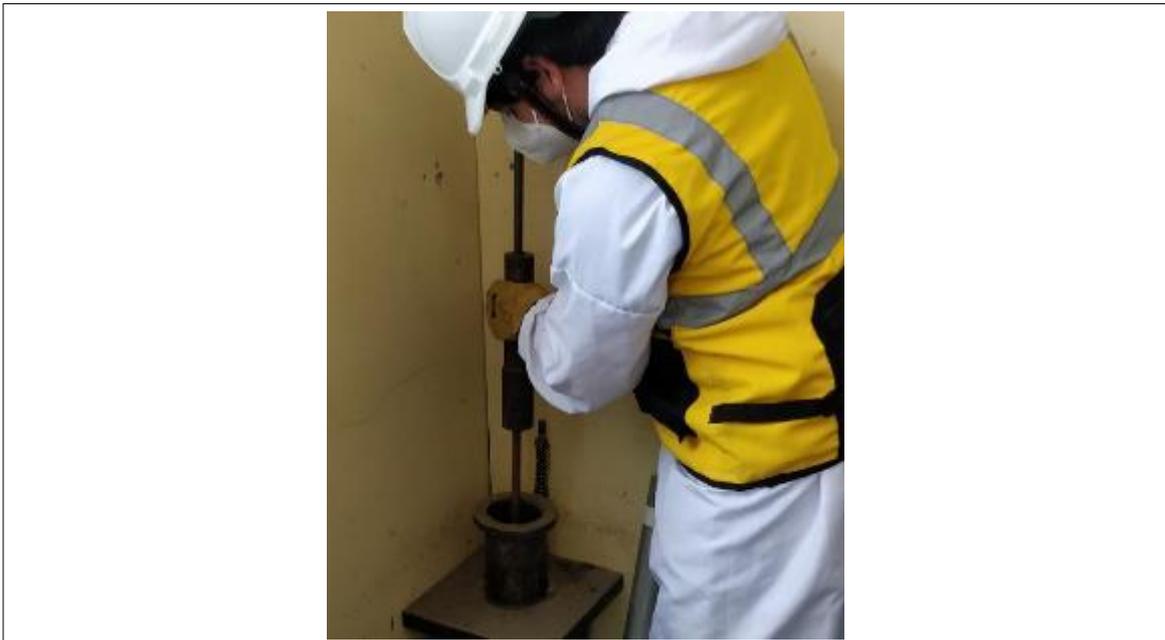
ANEXO 1. 9. PREPARACIÓN DE LA MEZCLA

Se realizará la mezcla de los agregados con ligante asfáltico en caliente, manteniendo ambos a una temperatura de 150°C.



ANEXO 1. 10. COMPACTACIÓN DE ESPECÍMENES

Se colocará el molde obtenido en un pedestal de compactación y se aplicarán 75 golpes con el pisón de compactación a cada cara.



ANEXO 1. 21. PROCESO DESPUÉS DE COMPACTACIÓN

Después de que los especímenes en los moldes enfríen a temperatura ambiente se retirarán los moldes con cuidado de que no haya pérdida de muestra.



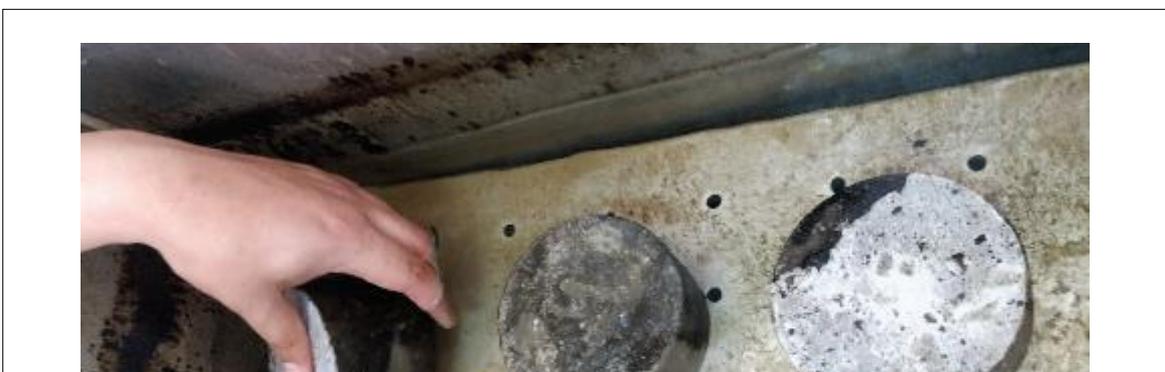
ANEXO 1. 3. ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO EN LOS ESPECÍMENES

Se colocarán los especímenes obtenidos en un cabezal a 40°C de temperatura, se aplicará una carga a cada espécimen, se registrarán las lecturas de los diales, grabando el ensayo.



ANEXO 1. 43. ENSAYO DE PESO ESPECÍFICO

Se colocarán los especímenes en estado de saturación por treinta minutos.



ANEXO 1. 54. PESO EN SECO DE LOS ESPECÍMENES

Se pasará a realizar el secado de forma constante de los especímenes en estado de saturación, para obtener el peso en seco.



PREPARACIÓN DE LAS BRIQUETAS VARIANDO LA TEMPERATURA DE 70°C A 210°C

ANEXO 1. 15. CONTROL DE TEMPERATURA DEL ASFALTO

Se realizará el control de la temperatura del asfalto de 70°C a 210°C para el diseño de las briquetas.



ANEXO 1. 66. ELABORACIÓN DE BRIQUETAS PARA MUESTRA CONTROL Y MUESTRAS CON ADICIÓN DE ACEITE DE PALMA

Se elaborarán 45 briquetas como muestra control variando la temperatura del asfalto de 70°C a 210°C según el diseño obtenido para un óptimo contenido de asfalto de 4.5%. Y, posteriormente, se elaborarán la misma cantidad de briquetas para cada porcentaje de adición de aceite de palma.



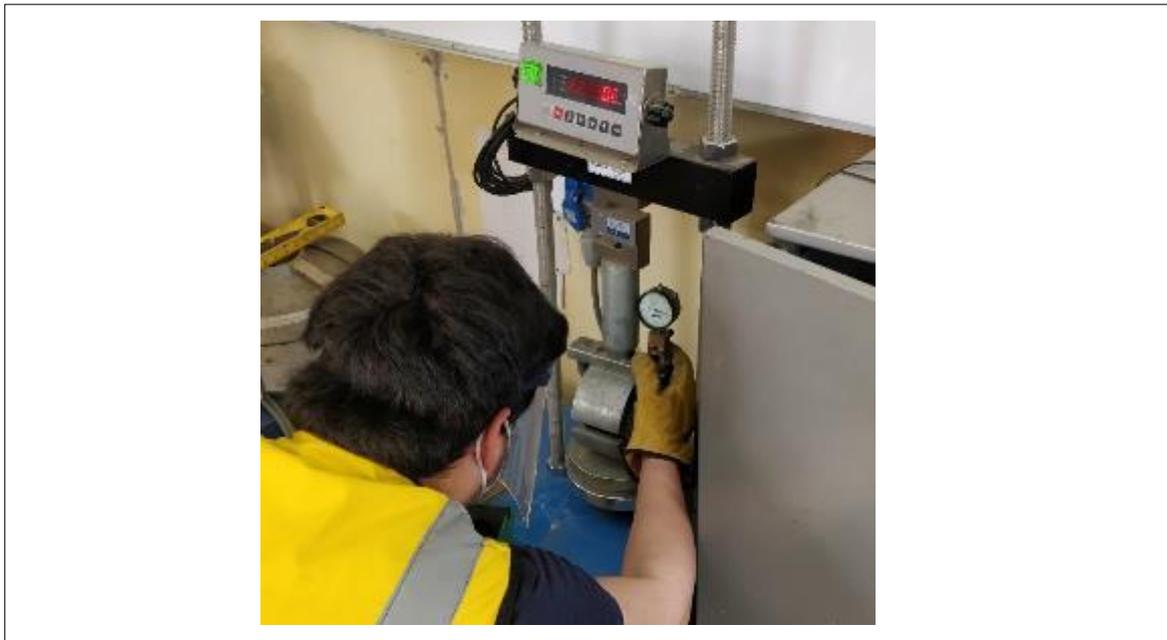
ANEXO 1. 77. ADICIÓN DEL ACEITE DE PALMA

Se adiciona el aceite de palma desde los 0.5% al 3.5% del peso total del ligante asfáltico progresivamente en variaciones de cada 0.5%.



ANEXO 1. 8. ENSAYO DE ESTABILIDAD Y FLUJO - BRIQUETAS PARA MUESTRA CONTROL

Se obtendrán los datos de estabilidad y flujo para las briquetas de muestra control y muestras con adición de aceite de palma, todas diseñadas con 4.5% de liante asfáltico.



ENSAYO DE ADHERENCIA EN BANDEJA

ANEXO 1. 19. MUESTRA REPRESENTATIVA

Se tendrá una muestra representativa para realizar el ensayo de adherencia.



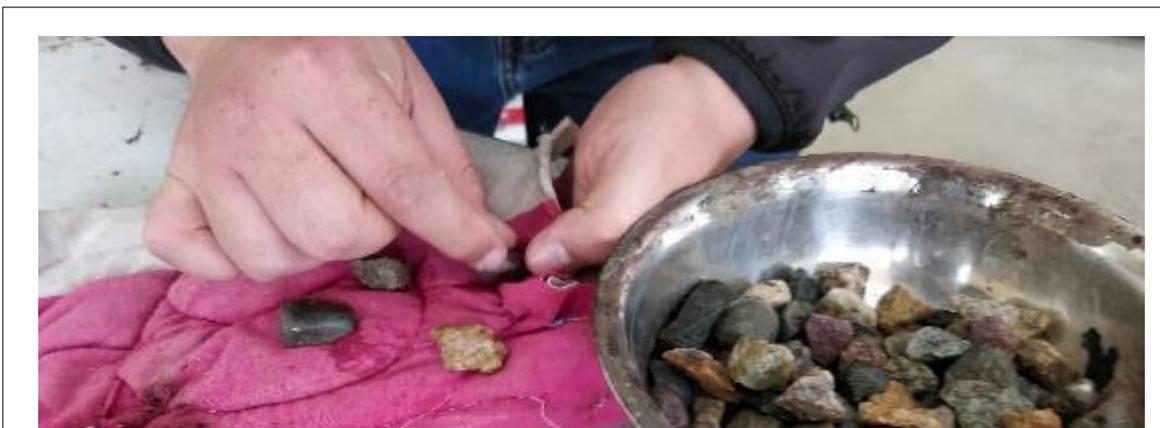
ANEXO 1. 20. SATURACIÓN DE MUESTRA PARA ENSAYO DE ADHERENCIA

Primero se realizará el lavado de la muestra para eliminar la presencia de finos, después de dejará la muestra sumergida en agua por 24 horas.



ANEXO 1. 21. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA PARA ENSAYO DE ADHERENCIA

Según recomendación de la norma MTC E 520 se secará superficialmente la muestra a ensayar.



ANEXO 1. 22. EMPLEO DE LIGANTE ASFÁLTICO PARA ENSAYO DE ADHERENCIA

Se emplearán treinta gramos de ligante asfáltico a una temperatura de 125°C a un espesor de 2 mm, éste ligante se esparcirá por completo en la bandeja para realizar el ensayo.



ANEXO 1. 23. MUESTRA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN EL LIGANTE ASFÁLTICO

Se colocarán cincuenta partículas de muestra saturada en la bandeja con ligante asfáltico, y se dejará enfriar a temperatura ambiente por treinta minutos.



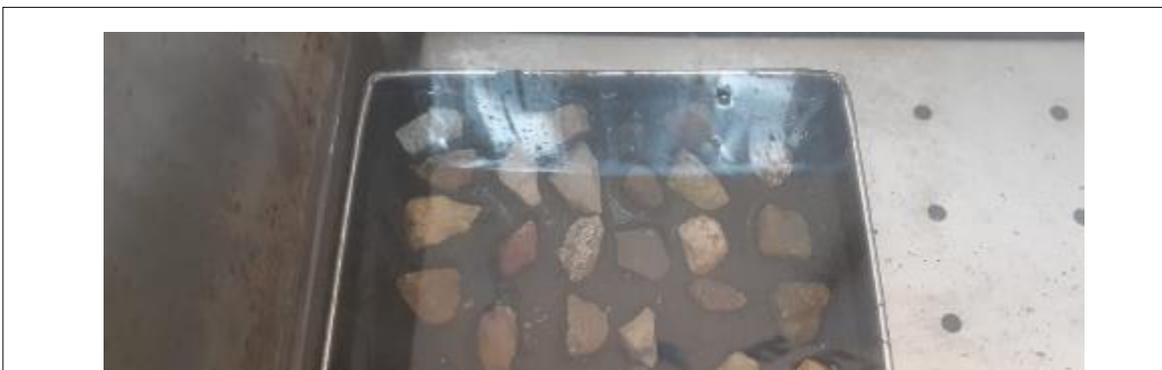
ANEXO 1. 24. MUESTRAS EN LIGANTE ASFÁLTICO A TEMPERATURAS DE 75°C A 195°C

Se colocarán las cincuenta partículas en ligante asfáltico en un horno variando la temperatura de 75°C a 195°C por 24 horas según recomendación de la norma MTC E 520.



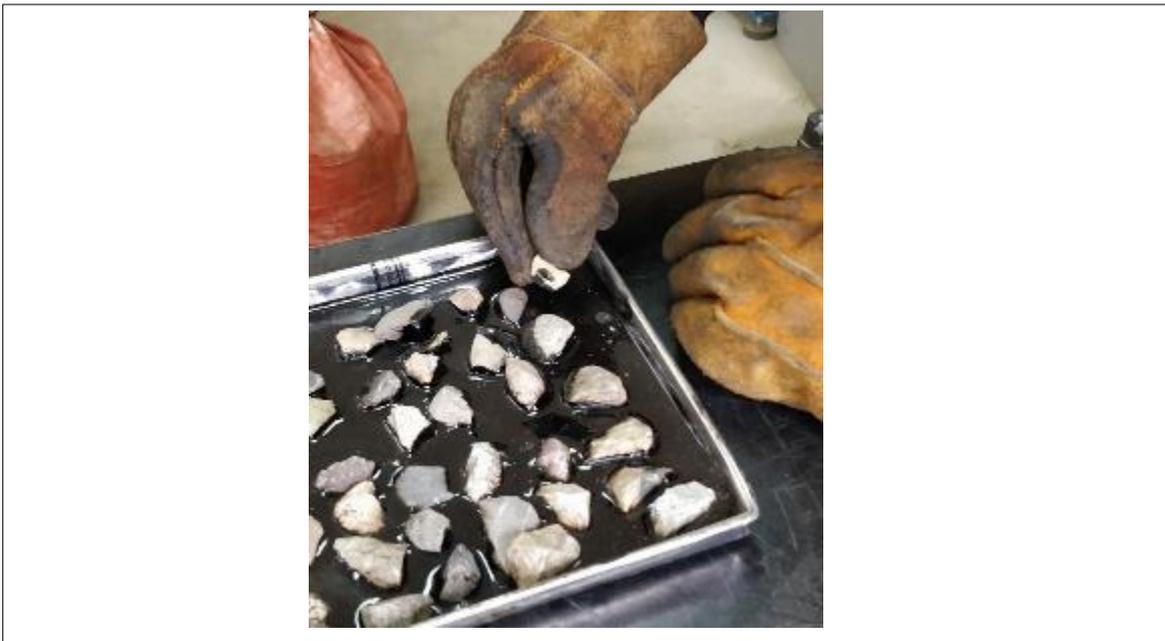
ANEXO 1. 25. REPOSO DE LAS PARTÍCULAS EN LIGANTE ASFÁLTICO EN BAÑO MARÍA

Se dejará en reposo la muestra por cuatro días, comenzando a una temperatura de 55°C y disminuirá a 25°C.



ANEXO 1. 26. PARTÍCULAS CON LIGANTE ASFÁLTICO DE MUESTRA CONTROL

Se retirará cada partícula de la bandeja para determinar el porcentaje de ligante asfáltico adherido.



ANEXO 2. Certificados de los ensayos realizados



INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO :** JUNIN

CLIENTE : Wernher Greenwekn Keyvynn Ortega De La Vega **FECHA :** 04-07-20

DIAS : 4 días

CANTERA : CHUPURO

MUESTRA : M-001

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

PIEDRA DE 1/2"					
Malla		Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumul.	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76,200				
tm - 2 1/2"	63,550				
tm - 2"	50,800				
tm - 1 1/2"	38,110	0,00	0,00	0,00	0,00
tm - 1"	25,405	0,00	0,00	0,00	100,00
tm - 3/4"	19,055	0,00	0,00	0,00	100,00
tm - 1/2"	12,700	1088,40	36,28	36,28	63,72
tm - 3/8"	9,525	1216,70	40,56	76,84	23,16
tm - N°4	4,750	645,50	21,52	98,35	1,65
tm - N°8	2,550	29,80	0,99	99,35	0,65
tm - N°10	2,000	0,40	0,01	99,36	0,64
tm - N°16	1,185	0,40	0,01	99,37	0,63
tm - N°30	0,600	0,60	0,02	99,39	0,61
tm - N°40	0,425	0,60	0,02	99,41	0,59
tm - N°50	0,295	0,80	0,03	99,44	0,56
tm - N°80	0,175	1,90	0,06	99,50	0,50
tm - N°100	0,148	1,60	0,05	99,56	0,44
tm - N°200	0,072	4,40	0,15	99,70	0,30
< tm - N°200		8,90	0,30	100,00	0,00
TOTAL MUESTRA =		3000,00	gr		



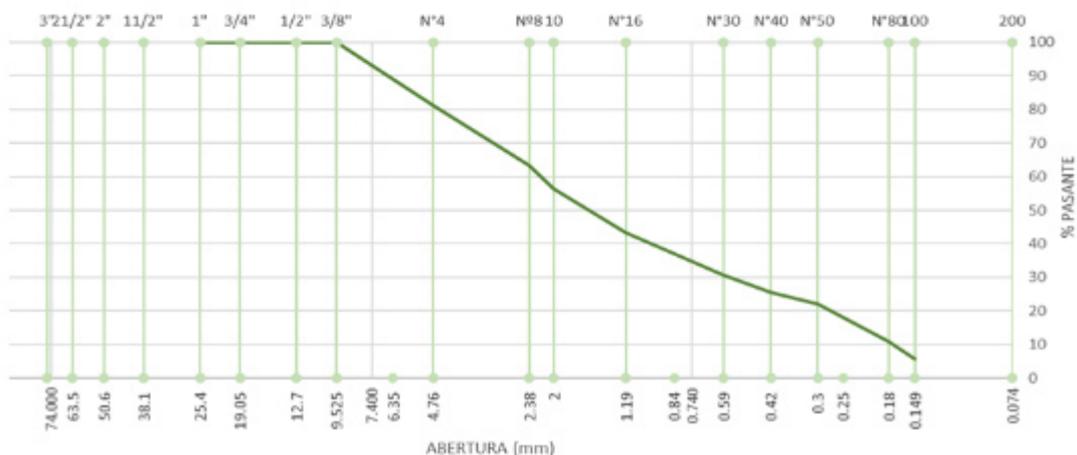
LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020
PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO :** JUNIN
CLIENTE : Wemher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA :** 04-07-20
DÍAS : 4 días
CANTERA : CHUPURO
MUESTRA : M-002

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

ARENA CHANCADA					
Malla		Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumul.	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76,200	0,00	0,00	0,00	0,00
tm - 2 1/2"	63,550	0,00	0,00	0,00	0,00
tm - 2"	50,800	0,00	0,00	0,00	0,00
tm - 1 1/2"	38,110	0,00	0,00	0,00	0,00
tm - 1"	25,405	0,00	0,00	0,00	100,00
tm - 3/4"	19,055	0,00	0,00	0,00	100,00
tm - 1/2"	12,700	0,00	0,00	0,00	100,00
tm - 3/8"	9,525	0,00	0,00	0,00	100,00
tm - N°4	4,750	281,50	18,77	18,77	81,23
tm - N°8	2,550	269,30	17,95	36,72	63,28
tm - N°10	2,000	103,80	6,92	43,64	56,36
tm - N°16	1,185	196,30	13,09	56,73	43,27
tm - N°30	0,600	187,90	12,53	69,25	30,75
tm - N°40	0,425	79,70	5,31	74,57	25,43
tm - N°50	0,295	52,20	3,48	78,05	21,95
tm - N°80	0,175	166,50	11,10	89,15	10,85
tm - N°100	0,148	77,90	5,19	94,34	5,66
tm - N°200	0,072	40,50	2,70	97,04	2,96
< tm - N°200		44,40	2,96	100,00	0,00
TOTAL MUESTRA =		1500,00 gr			

CURVA GRANULOMÉTRICA



LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA** : 04-07-20

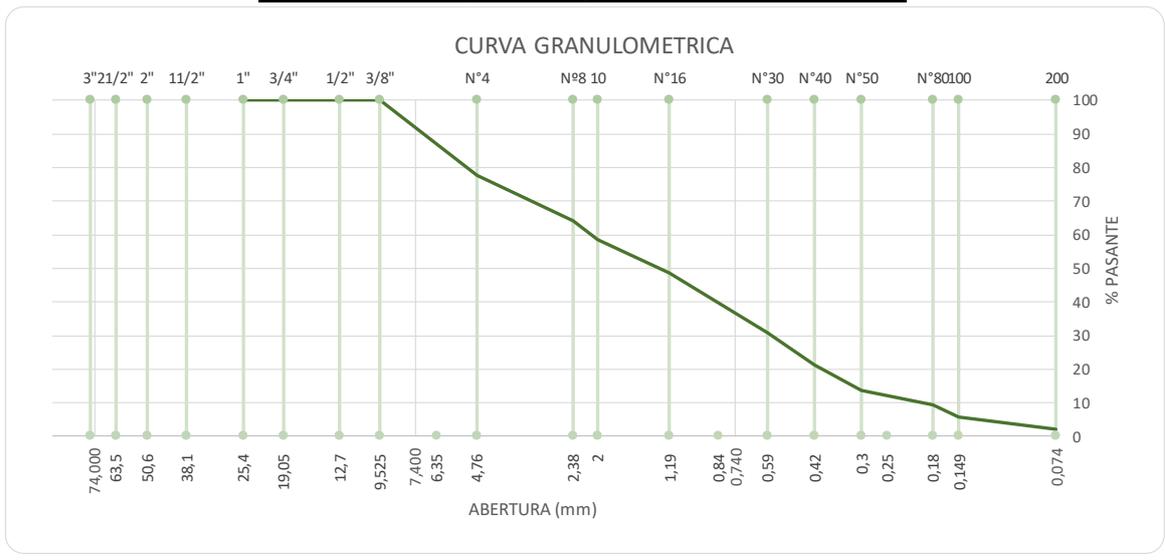
DIAS : 4 días

CANTERA : CHUPURO

MUESTRA : M-003

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

ARENA NATURAL					
Malla		Peso (gr)	% Reten. Parcial	% Reten. Acumul.	% Pasante
Tamiz	mm				
tm - 3"	76,200				
tm - 2 1/2"	63,550				
tm - 2"	50,800				
tm - 1 1/2"	38,110	0,00	0,00	0,00	0,00
tm - 1"	25,405	0,00	0,00	0,00	100,00
tm - 3/4"	19,055	0,00	0,00	0,00	100,00
tm - 1/2"	12,700	0,00	0,00	0,00	100,00
tm - 3/8"	9,525	0,00	0,00	0,00	100,00
tm - N°4	4,750	332,50	22,17	22,17	77,83
tm - N°8	2,550	203,80	13,59	35,75	64,25
tm - N°10	2,000	85,90	5,73	41,48	58,52
tm - N°16	1,185	146,80	9,79	51,27	48,73
tm - N°30	0,600	268,70	17,91	69,18	30,82
tm - N°40	0,425	145,20	9,68	78,86	21,14
tm - N°50	0,295	112,70	7,51	86,37	13,63
tm - N°80	0,175	61,10	4,07	90,45	9,55
tm - N°100	0,148	58,40	3,89	94,34	5,66
tm - N°200	0,072	50,90	3,39	97,73	2,27
< tm - N°200		34,00	2,27	100,00	0,00
TOTAL MUESTRA =		1500,00	gr		





INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA** : 05-07-20

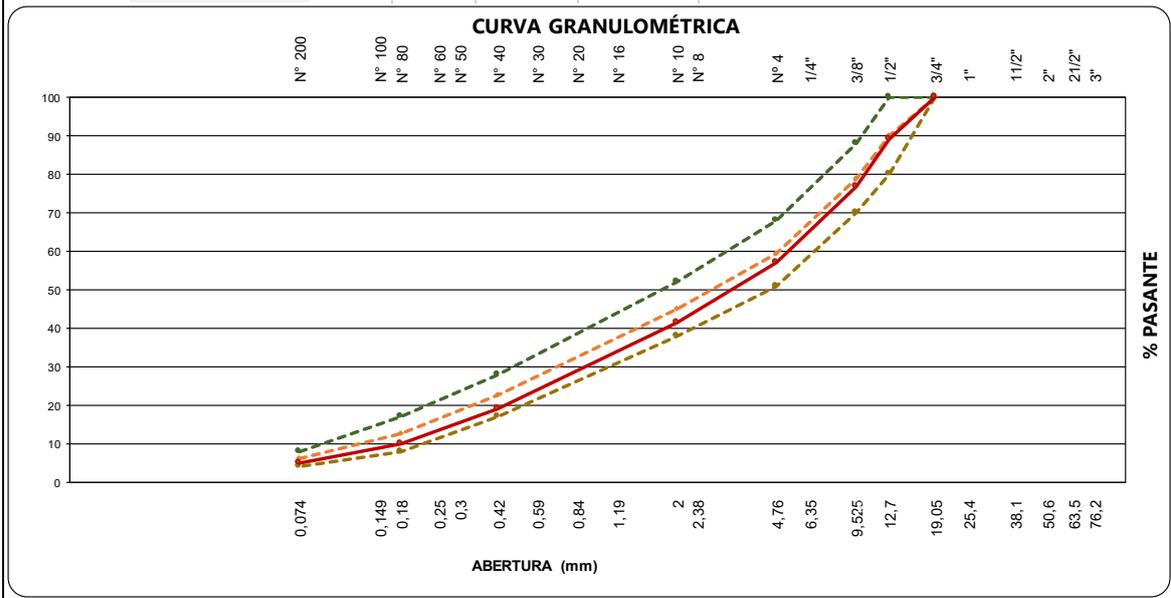
DIAS : 4 días

CANTERA : CHUPURO

MUESTRA :

MEZCLA TEÓRICA DE AGREGADOS PARA ASFALTO

Malla		% Pasantes					Especificaciones		
Tamiz	mm	PIEDRAS		ARENAS			MEZCLA	MAC-2	Tamaño máximo
Agregados		Piedra 3/4"	Piedra 1/2"	Arena Natural	Arena Procesada	filler		MTC	3/4"
Proporciones		3/4"	1/2"	NATURAL	PROCESADA	FINO	100%		Curva Ideal
		0%	30%	25%	42%	3%			
tm - 1"	25,405	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,0	100 - 100	100
tm - 3/4"	19,055	70,03	100,00	100,00	100,00	100,00	100,0	100 - 100	90
tm - 1/2"	12,700	8,13	63,72	100,00	100,00	100,00	89,1	80 - 100	76
tm - 3/8"	9,525	0,93	23,16	100,00	100,00	100,00	76,9	70 - 88	69
tm - N°4	4,750	0,00	1,65	77,83	81,23	100,00	57,1	51 - 68	49
tm - N°8	2,550	0,00	0,65	64,25	63,28	100,00	45,8		
tm - N°10	2,000	0,00	0,64	58,52	56,36	100,00	41,5	38 - 52	37
tm - N°16	1,185	0,00	0,63	48,73	43,27	100,00	33,5		
tm - N°30	0,600	0,00	0,61	30,82	30,75	100,00	23,8		
tm - N°40	0,425	0,00	0,59	21,14	25,43	100,00	19,1	17 - 28	20
tm - N°50	0,295	0,00	0,56	13,63	21,95	100,00	15,8		
tm - N°80	0,175	0,00	0,50	9,55	10,85	100,00	10,1	8 - 17	13
tm - N°100	0,148	0,00	0,44	5,66	5,66	100,00	6,9		
tm - N°200	0,072	0,00	0,30	2,27	2,96	100,00	4,9	4 - 8	6
< tm - N°200		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,0		



LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE
 EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO DEPARTAMENTO : JUNIN
 CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega FECHA : 06-07-20

DIAS : 1 día OCA : 1/3
 CANTERA : Chupuro
 MUESTRA : AG-0001/AG-0002/AG-0003

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

BRIQUETAS		Nº	1º	2º	3º	1º	2º	3º
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	4,00	4,00	4,00	4,50	4,50	4,50
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	41,28	41,28	41,28	41,07	41,07	41,07
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	54,72	54,72	54,72	54,44	54,44	54,44
4	Filler en peso de la mezcla	%						
5	Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cm ³	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
6	Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cm ³	2,884	2,884	2,884	2,884	2,884	2,884
7	Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cm ³	2,870	2,870	2,870	2,870	2,870	2,870
8	Peso específico del filler - aparente	gr/cm ³						
9	Peso de la briqueta al aire	gr	1250,2	1247,2	1250,4	1248,6	1247,2	1246,7
10	Peso de la briqueta saturada	gr	1255,8	1251,3	1257,3	1252,0	1249,7	1250,3
11	Peso de la briqueta en agua	gr	761,3	767,0	760,2	759,3	757,2	769,8
12	Volumen de briqueta + parafina	cm ³	494,5	484,3	497,1	492,7	492,5	480,5
13	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cm ³	2,528	2,575	2,515	2,534	2,532	2,595
14	Peso específico máximo (MTC E-508 ASTM D-2041)	gr/cm ³	2,681	2,681	2,681	2,660	2,660	2,660
15	Vacios (MTC E-505)	%	5,70	3,94	6,18	4,73	4,80	2,46
16	Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm ³	2,876	2,876	2,876	2,876	2,876	2,876
17	V.M.A.	%	15,61	14,04	16,04	15,85	15,91	13,84
18	Vacios llenos con cemento asfáltico	%	63,49	71,91	61,48	70,16	69,85	82,24
19	Peso específico del agregado total	gr/cm ³	2,876	2,876	2,876	2,878	2,878	2,878
20	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	0,002	0,002	0,002	0,025	0,025	0,025
21	Cemento asfáltico efectivo	%	4,00	4,00	4,00	4,48	4,48	4,48
22	Flujo	mm	1,79	1,66	1,74	2,44	2,41	2,5
23	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	kg	1118,7	1019,3	1125,6	1315,1	1340,9	1300,4
25	Factor de estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
26	Estabilidad corregida	kg	1119	1019	1126	1315	1341	1300
27	Estabilidad - Flujo	kg/cm	6250	6140	6469	5390	5564	5202
28	Compactación, número de golpes por cara			75 golp.			75 golp.	

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA** : 06-07-20

DIAS : 1 día **OCA** : 2/3

CANTERA : Chupuro

MUESTRA : AG-0001/AG-0002/AG-0003

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

	BRIQUETAS	Nº	1°	2°	3°	1°	2°	3°
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	5,00	5,00	5,00	5,50	5,50	5,50
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	40,85	40,85	40,85	40,64	40,64	40,64
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	54,15	54,15	54,15	53,87	53,87	53,87
4	Filler en peso de la mezcla	%						
5	Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cm³	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
6	Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cm³	2,884	2,884	2,884	2,884	2,884	2,884
7	Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cm³	2,870	2,870	2,870	2,870	2,870	2,870
8	Peso específico del filler - aparente	gr/cm³						
9	Peso de la briqueta al aire	gr	1247,2	1249,8	1244,0	1250,5	1248,8	1248,9
10	Peso de la briqueta saturada	gr	1249,3	1253,3	1249,1	1252,7	1253,7	1252,0
11	Peso de la briqueta en agua	gr	760,6	757,4	761,9	761,1	758,6	760,0
12	Volumen de briqueta + parafina	cm³	488,7	495,9	487,2	491,6	495,1	492
13	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cm³	2,552	2,520	2,553	2,544	2,522	2,538
14	Peso específico máximo (MTC E-508 ASTM D-2041)	gr/cm³	2,641	2,641	2,641	2,616	2,616	2,616
15	Vacios (MTC E-505)	%	3,37	4,57	3,32	2,76	3,58	2,97
16	Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm³	2,876	2,876	2,876	2,876	2,876	2,876
17	V.M.A.	%	15,70	16,75	15,66	16,42	17,12	16,59
18	Vacios llenos con cemento asfáltico	%	78,55	72,71	78,81	83,17	79,08	82,13
19	Peso específico del agregado total	gr/cm³	2,882	2,882	2,882	2,878	2,878	2,878
20	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	0,075	0,075	0,075	0,026	0,026	0,026
21	Cemento asfáltico efectivo	%	4,93	4,93	4,93	5,48	5,48	5,48
22	Flujo	mm	2,97	3,01	3,2	3,76	3,93	3,76
23	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	kg	1285,9	1199	1267,8	1088,2	1073,1	1082,2
25	Factor de estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
26	Estabilidad corregida	kg	1286	1199	1268	1088	1073	1082
27	Estabilidad - Flujo	kg/cm	4330	3983	3962	2894	2731	2878
28	Compactación, número de golpes por cara			75 golp.			75 golp.	

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA** : 06-07-20

DIAS : 1 día **OCA** : 3/3

CANTERA : Chupuro

MUESTRA : AG-0001/AG-0002/AG-0003

RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS EMPLEANDO EL APARATO MARSHALL

BRIQUETAS		Nº	1°	2°	3°	1°	2°	3°
1	Cemento Asfáltico en peso de la mezcla	%	6,00	6,00	6,00	6,50	6,50	6,50
2	Agregado grueso en peso de la mezcla > N° 4	%	40,42	40,42	40,42	40,21	40,21	40,21
3	Agregado fino en peso de la mezcla < N° 4	%	53,58	53,58	53,58	53,30	53,30	53,30
4	Filler en peso de la mezcla	%						
5	Peso específico del cemento asfáltico aparente	gr/cm³	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
6	Peso específico del agregado grueso - Bulk	gr/cm³	2,884	2,884	2,884	2,884	2,884	2,884
7	Peso específico del agregado fino - Bulk	gr/cm³	2,870	2,870	2,870	2,870	2,870	2,870
8	Peso específico del filler - aparente	gr/cm³						
9	Peso de la briqueta al aire	gr	1245,2	1246,2	1248,0	1246,3	1250,4	1247,3
10	Peso de la briqueta saturada	gr	1257,0	1253,2	1255,4	1252,3	1254,4	1253,0
11	Peso de la briqueta en agua	gr	754,1	760,6	760,1	755,3	755,1	756,8
12	Volumen de briqueta + parafina	cm³	502,9	492,6	495,3	497	499,3	496,2
13	Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cm³	2,476	2,530	2,520	2,508	2,504	2,514
14	Peso específico máximo (MTC E-508 ASTM D-2041)	gr/cm³	2,580	2,580	2,580	2,560	2,560	2,560
15	Vacios (MTC E-505)	%	4,03	1,94	2,34	2,05	2,18	1,81
16	Peso específico Bulk del agregado total	gr/cm³	2,876	2,876	2,876	2,876	2,876	2,876
17	V.M.A.	%	19,07	17,31	17,65	18,48	18,58	18,28
18	Vacios llenos con cemento asfáltico	%	78,87	88,77	86,75	88,93	88,29	90,11
19	Peso específico del agregado total	gr/cm³	2,859	2,859	2,859	2,860	2,860	2,860
20	Cemento asfáltico absorbido por el agregado total	%	-0,210	-0,210	-0,210	-0,196	-0,196	-0,196
21	Cemento asfáltico efectivo	%	6,20	6,20	6,20	6,68	6,68	6,68
22	Flujo	mm	5,04	4,91	5,19	5,83	5,96	5,7
23	Estabilidad sin corregir (Según Carta de Calibración)	kg	947,2	920,6	906,3	798,5	819	770,9
25	Factor de estabilidad (Factor de Corrección según alturas)		1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
26	Estabilidad corregida	kg	947	921	906	799	819	771
27	Estabilidad - Flujo	kg/cm	1879	1875	1746	1370	1374	1352
28	Compactación, número de golpes por cara			75 golp.			75 golp.	



INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA** : 07-07-20

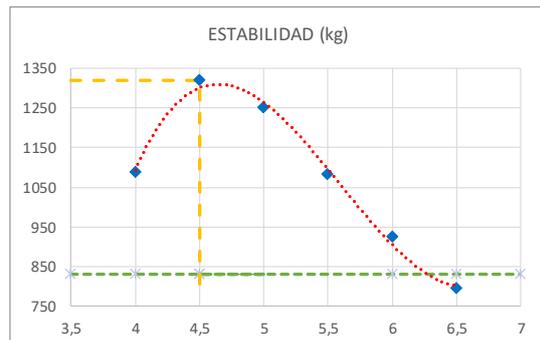
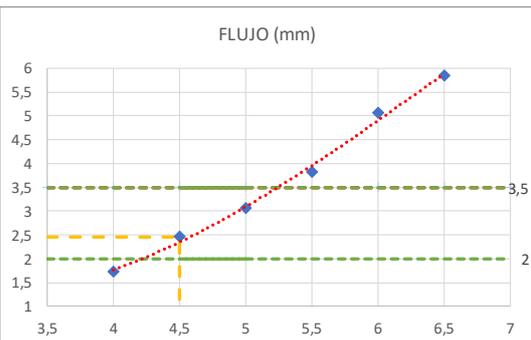
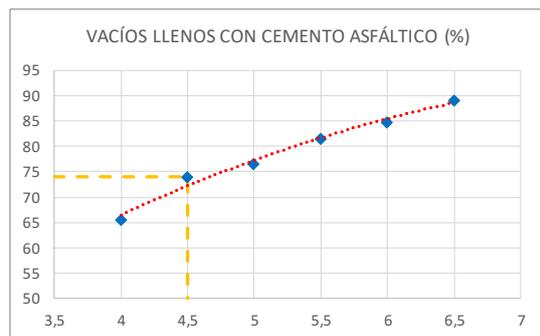
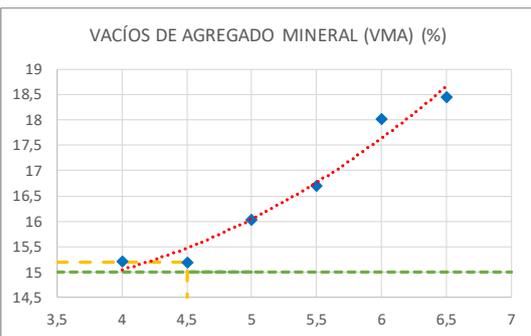
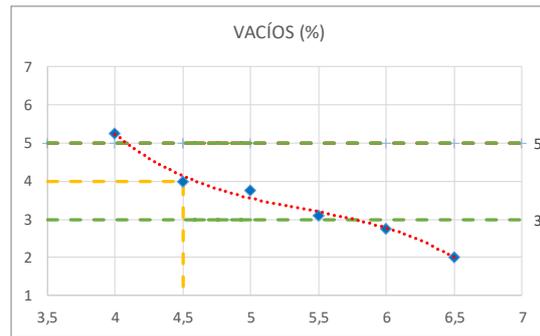
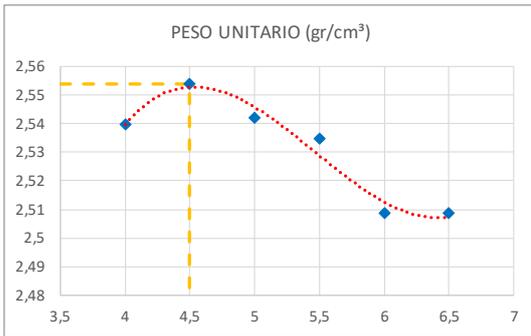
DIAS : 1 día

CANTERA : Chupuro

MUESTRA :

ENSAYO MARSHALL - MTC E 504

CEMENTO ASFÁLTICO	%	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50
PESO UNITARIO	gr/cm ³	2,540	2,554	2,542	2,535	2,509	2,509
VACÍOS	%	5,27	4,00	3,75	3,10	2,77	2,01
VACÍOS DE AGREGADO MINERAL	%	15,23	15,20	16,04	16,71	18,01	18,45
VACÍOS LLENOS CON CEMENTO ASFÁLTICO	%	65,63	74,08	76,69	81,46	84,80	89,11
FLUJO	mm	1,73	2,45	3,06	3,82	5,05	5,83
ESTABILIDAD	kg	1087,87	1318,80	1250,90	1081,17	924,70	796,13



LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO
CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega

DEPARTAMENTO : JUNIN
FECHA : 08-07-20

DIAS :
CANTERA : Chupuro
MUESTRA : MUESTRA CONTROL

VARIACIONES DE TEMPERATURA EN LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS
ESTABILIDAD (kg) OBTENIDA CUANDO LA TEMPERATURA VARÍA DE 70°C A 210°C

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	PESO SECO	PESO SSS	PESO SUM.	PESO ESPECIF. BULK	ESTABILIDAD	VOLUMEN	FACTOR	ESTAB. CORREGIDA
	UND.		kg	kg	kg	kg/cm ³	kg	cm ³	-	kg
1	70 °C	Briq.- 01	1251	1266	742	2,387	731,90	511,40	1,00	731,90
2		Briq.- 02	1237	1254	740	2,407	684,10	518,60	1,00	684,10
3		Briq.- 03	1251	1260	738	2,397	651,10	514,20	1,00	651,10
4	80 °C	Briq.- 04	1249	1255	744	2,444	774,30	512,70	1,00	774,30
5		Briq.- 05	1248	1256	744	2,438	793,10	518,20	1,00	793,10
6		Briq.- 06	1247	1262	747	2,421	696,90	517,50	1,00	696,90
7	90 °C	Briq.- 07	1240	1249	747	2,470	839,90	515,60	1,00	839,90
8		Briq.- 08	1251	1265	753	2,443	783,20	515,40	1,00	783,20
9		Briq.- 09	1244	1259	747	2,430	818,70	521,10	1,00	818,70
10	100 °C	Briq.- 10	1251	1262	759	2,487	864,90	522,00	1,00	864,90
11		Briq.- 11	1251	1263	758	2,477	830,20	517,80	1,00	830,20
12		Briq.- 12	1249	1259	758	2,493	828,90	523,20	1,00	828,90
13	110 °C	Briq.- 13	1250	1258	760	2,510	951,20	511,90	1,00	951,20
14		Briq.- 14	1251	1260	759	2,497	1040,00	514,20	1,00	1040,00
15		Briq.- 15	1251	1262	762	2,502	1005,20	522,70	1,00	1005,20
16	120 °C	Briq.- 16	1251	1259	761	2,512	1139,90	514,60	1,00	1139,90
17		Briq.- 17	1248	1257	758	2,501	1102,70	524,50	1,00	1102,70
18		Briq.- 18	1243	1253	756	2,501	1144,30	523,20	1,00	1144,30
19	130 °C	Briq.- 19	1240	1246	755	2,525	1270,40	526,00	1,00	1270,40
20		Briq.- 20	1244	1248	751	2,503	1202,20	523,70	1,00	1202,20
21		Briq.- 21	1251	1259	762	2,517	1149,60	522,50	1,00	1149,60
22	140 °C	Briq.- 22	1256	1263	761	2,502	1234,30	524,00	1,00	1234,30
23		Briq.- 23	1248	1246	751	2,521	1332,70	520,60	1,00	1332,70
24		Briq.- 24	1250	1254	761	2,535	1288,80	528,10	1,00	1288,80
25	150 °C	Briq.- 25	1249	1252	758	2,528	1298,60	521,50	1,00	1298,60
26		Briq.- 26	1247	1253	760	2,529	1340,80	524,30	1,00	1340,80
27		Briq.- 27	1251	1254	761	2,538	1338,40	523,60	1,00	1338,40
28	160 °C	Briq.- 28	1248	1256	765	2,542	1335,50	523,80	1,00	1335,50
29		Briq.- 29	1247	1252	762	2,545	1341,00	526,40	1,00	1341,00
30		Briq.- 30	1250	1257	764	2,535	1331,00	524,00	1,00	1331,00
31	170 °C	Briq.- 31	1248	1255	766	2,552	1313,80	520,60	1,00	1313,80
32		Briq.- 32	1240	1247	762	2,557	1313,40	528,00	1,00	1313,40
33		Briq.- 33	1251	1257	768	2,558	1259,20	527,90	1,00	1259,20
34	180 °C	Briq.- 34	1250	1256	766	2,551	1254,80	522,50	1,00	1254,80
35		Briq.- 35	1250	1255	765	2,551	1270,40	523,60	1,00	1270,40
36		Briq.- 36	1243	1250	766	2,568	1208,20	520,80	1,00	1208,20
37	190 °C	Briq.- 37	1251	1257	774	2,590	1079,80	522,90	1,00	1079,80
38		Briq.- 38	1248	1253	769	2,579	991,10	520,50	1,00	991,10
39		Briq.- 39	1251	1255	770	2,579	968,90	534,00	1,00	968,90
40	200 °C	Briq.- 40	1247	1252	772	2,598	892,30	528,30	1,00	892,30
41		Briq.- 41	1251	1257	769	2,564	813,70	524,90	1,00	813,70
42		Briq.- 42	1248	1253	772	2,595	887,00	531,80	1,00	887,00
43	210 °C	Briq.- 43	1246	1250	771	2,601	887,20	532,00	1,00	887,20
44		Briq.- 44	1245	1248	769	2,599	777,70	527,60	1,00	777,70
45		Briq.- 45	1251	1254	771	2,590	725,30	530,90	1,00	725,30

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO

PROVINCIA : HUANCAYO
CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega

DEPARTAMENTO : JUNIN
FECHA : 08-07-20

DIAS :
CANTERA : Chupuro
MUESTRA : MUESTRA CONTROL

VARIACIONES DE TEMPERATURA EN LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS
FLUJO (mm) OBTENIDO CUANDO LA TEMPERATURA VARÍA DE 70°C A 210°C

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	%VACÍOS	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO	PESO ESPECÍFICO BULK DE	% VMA	% VACÍOS LLENOS CON C.A	FLUJO
	UND.		%	kg/cm ³	kg/cm ³	%	%	mm
1	70 °C	Briq.- 01	10,248	2,660	2,876	20,724	50,551	3,35
2		Briq.- 02	9,526	2,660	2,876	20,086	52,576	3,90
3		Briq.- 03	9,904	2,660	2,876	20,420	51,499	3,67
4	80 °C	Briq.- 04	8,112	2,660	2,876	18,837	56,938	3,71
5		Briq.- 05	8,365	2,660	2,876	19,061	56,116	3,49
6		Briq.- 06	8,971	2,660	2,876	19,597	54,220	3,27
7	90 °C	Briq.- 07	7,138	2,660	2,876	17,978	60,293	3,07
8		Briq.- 08	8,144	2,660	2,876	18,866	56,831	3,02
9		Briq.- 09	8,658	2,660	2,876	19,320	55,185	2,70
10	100 °C	Briq.- 10	6,501	2,660	2,876	17,414	62,670	2,61
11		Briq.- 11	6,871	2,660	2,876	17,742	61,271	2,89
12		Briq.- 12	6,278	2,660	2,876	17,217	63,539	3,17
13	110 °C	Briq.- 13	5,638	2,660	2,876	16,652	66,145	2,40
14		Briq.- 14	6,128	2,660	2,876	17,085	64,134	2,24
15		Briq.- 15	5,940	2,660	2,876	16,919	64,892	2,83
16	120 °C	Briq.- 16	5,562	2,660	2,876	16,585	66,464	2,65
17		Briq.- 17	5,977	2,660	2,876	16,952	64,740	2,24
18		Briq.- 18	5,977	2,660	2,876	16,952	64,740	2,58
19	130 °C	Briq.- 19	5,058	2,660	2,876	16,140	68,062	2,48
20		Briq.- 20	5,902	2,660	2,876	16,885	65,049	2,35
21		Briq.- 21	5,372	2,660	2,876	16,417	67,278	2,03
22	140 °C	Briq.- 22	5,940	2,660	2,876	16,919	64,891	2,13
23		Briq.- 23	5,218	2,660	2,876	16,281	67,953	2,49
24		Briq.- 24	4,681	2,660	2,876	15,807	70,389	2,33
25	150 °C	Briq.- 25	4,950	2,660	2,876	16,044	69,150	2,21
26		Briq.- 26	4,909	2,660	2,876	16,009	69,333	2,44
27		Briq.- 27	4,604	2,660	2,876	15,739	70,746	2,11
28	160 °C	Briq.- 28	4,445	2,660	2,876	15,599	71,502	2,22
29		Briq.- 29	4,327	2,660	2,876	15,495	72,073	2,31
30		Briq.- 30	4,681	2,660	2,876	15,807	70,389	2,46
31	170 °C	Briq.- 31	4,055	2,660	2,876	15,254	73,419	2,68
32		Briq.- 32	3,883	2,660	2,876	15,103	74,286	3,56
33		Briq.- 33	3,624	2,660	2,876	15,050	74,592	3,28
34	180 °C	Briq.- 34	4,097	2,660	2,876	15,291	73,207	3,72
35		Briq.- 35	4,097	2,660	2,876	15,291	73,207	3,45
36		Briq.- 36	3,452	2,660	2,876	14,721	76,552	3,23
37	190 °C	Briq.- 37	2,629	2,660	2,876	13,995	81,213	4,28
38		Briq.- 38	3,063	2,660	2,876	14,378	78,694	4,06
39		Briq.- 39	3,031	2,660	2,876	14,349	78,879	3,51
40	200 °C	Briq.- 40	2,334	2,660	2,876	13,734	83,006	5,06
41		Briq.- 41	3,627	2,660	2,876	14,876	75,619	4,89
42		Briq.- 42	2,459	2,660	2,876	13,844	82,239	4,52
43	210 °C	Briq.- 43	2,209	2,660	2,876	13,623	83,788	5,13
44		Briq.- 44	2,287	2,660	2,876	13,693	83,297	5,68
45		Briq.- 45	2,629	2,660	2,876	13,995	81,213	5,36

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega

DEPARTAMENTO : JUNIN

FECHA : 11-07-20

DIAS :

CANTERA : Chupuro

MUESTRA : 0,5%

VARIACIONES DE TEMPERATURA EN LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS
ESTABILIDAD (kg) OBTENIDA CUANDO LA TEMPERATURA VARÍA DE 70°C A 210°C

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	PESO SECO	PESO SSS	PESO SUM.	PESO ESPECIF. BULK	ESTABILIDAD	VOLUMEN	FACTOR	ESTAB. CORREGIDA
	UND.		kg	kg	kg	kg/cm ³	kg	cm ³	-	kg
1	70 °C	Briq.- 01	1239	1264	763	2,473	711,10	517,40	1,00	711,10
2		Briq.- 02	1252	1254	752	2,494	751,70	525,30	1,00	751,70
3		Briq.- 03	1250	1259	752	2,465	775,30	513,70	1,00	775,30
4	80 °C	Briq.- 04	1232	1254	765	2,519	784,80	530,10	1,00	784,80
5		Briq.- 05	1242	1267	769	2,494	734,30	534,20	1,00	734,30
6		Briq.- 06	1240	1262	766	2,500	712,20	526,10	1,00	712,20
7	90 °C	Briq.- 07	1238	1269	776	2,511	731,30	520,20	1,00	731,30
8		Briq.- 08	1231	1245	754	2,507	809,80	530,90	1,00	809,80
9		Briq.- 09	1238	1272	768	2,456	827,40	514,90	1,00	827,40
10	100 °C	Briq.- 10	1253	1259	766	2,542	927,50	514,10	1,00	927,50
11		Briq.- 11	1251	1264	770	2,532	931,40	512,80	1,00	931,40
12		Briq.- 12	1236	1245	762	2,559	929,60	527,80	1,00	929,60
13	110 °C	Briq.- 13	1247	1259	767	2,535	947,60	525,70	1,00	947,60
14		Briq.- 14	1235	1248	765	2,557	968,00	531,80	1,00	968,00
15		Briq.- 15	1254	1257	766	2,554	981,40	530,60	1,00	981,40
16	120 °C	Briq.- 16	1239	1248	761	2,544	1143,20	526,90	1,00	1143,20
17		Briq.- 17	1233	1239	753	2,537	1098,10	524,10	1,00	1098,10
18		Briq.- 18	1240	1244	764	2,583	1133,90	527,20	1,00	1133,90
19	130 °C	Briq.- 19	1241	1249	767	2,575	1197,60	535,10	1,00	1197,60
20		Briq.- 20	1243	1256	772	2,568	1084,10	512,10	1,00	1084,10
21		Briq.- 21	1234	1244	762	2,560	1138,30	519,10	1,00	1138,30
22	140 °C	Briq.- 22	1239	1248	768	2,581	1298,40	525,60	1,00	1298,40
23		Briq.- 23	1244	1252	770	2,581	1273,70	524,80	1,00	1273,70
24		Briq.- 24	1243	1247	762	2,563	1282,70	527,60	1,00	1282,70
25	150 °C	Briq.- 25	1235	1241	763	2,584	1368,70	526,70	1,00	1368,70
26		Briq.- 26	1240	1252	772	2,583	1381,00	516,00	1,00	1381,00
27		Briq.- 27	1247	1257	770	2,561	1373,60	531,20	1,00	1373,60
28	160 °C	Briq.- 28	1248	1254	771	2,584	1353,60	535,20	1,00	1353,60
29		Briq.- 29	1253	1258	770	2,568	1347,00	526,20	1,00	1347,00
30		Briq.- 30	1231	1239	767	2,608	1387,10	515,60	1,00	1387,10
31	170 °C	Briq.- 31	1234	1241	768	2,609	1279,60	532,00	1,00	1279,60
32		Briq.- 32	1253	1261	776	2,584	1383,20	530,10	1,00	1383,20
33		Briq.- 33	1246	1255	771	2,574	1325,80	513,00	1,00	1325,80
34	180 °C	Briq.- 34	1242	1251	770	2,582	1203,40	532,70	1,00	1203,40
35		Briq.- 35	1251	1258	777	2,601	1285,50	534,80	1,00	1285,50
36		Briq.- 36	1234	1236	765	2,620	1139,10	526,70	1,00	1139,10
37	190 °C	Briq.- 37	1245	1252	770	2,583	1009,60	525,00	1,00	1009,60
38		Briq.- 38	1237	1244	774	2,632	949,40	517,90	1,00	949,40
39		Briq.- 39	1242	1249	772	2,604	944,80	518,20	1,00	944,80
40	200 °C	Briq.- 40	1239	1243	771	2,625	922,00	532,20	1,00	922,00
41		Briq.- 41	1236	1241	770	2,624	896,10	525,70	1,00	896,10
42		Briq.- 42	1239	1250	773	2,597	839,80	528,00	1,00	839,80
43	210 °C	Briq.- 43	1240	1248	774	2,616	903,20	530,90	1,00	903,20
44		Briq.- 44	1234	1239	772	2,642	911,30	530,90	1,00	911,30
45		Briq.- 45	1231	1242	776	2,642	926,70	532,80	1,00	926,70

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA** : 11-07-20

DIAS :

CANTERA : Chupuro

MUESTRA : 0,5%

VARIACIONES DE TEMPERATURA EN LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS
FLUJO (mm) OBTENIDO CUANDO LA TEMPERATURA VARÍA DE 70°C A 210°C

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	%VACÍOS	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO	PESO ESPECÍFICO BULK DE	% VMA	% VACÍOS LLENOS CON C.A.	FLUJO
	UND.		%	kg/cm ³	kg/cm ³	%	%	mm
1	70°C	Briq.- 01	7,028	2,660	2,876	17,880	60,694	3,62
2		Briq.- 02	6,240	2,660	2,876	17,184	63,689	4,08
3		Briq.- 03	7,313	2,660	2,876	18,132	59,669	4,28
4	80°C	Briq.- 04	5,285	2,660	2,876	16,340	67,659	3,94
5		Briq.- 05	6,242	2,660	2,876	17,185	63,681	3,55
6		Briq.- 06	6,015	2,660	2,876	16,985	64,587	3,34
7	90°C	Briq.- 07	5,596	2,660	2,876	16,615	66,322	3,37
8		Briq.- 08	5,747	2,660	2,876	16,749	65,687	3,29
9		Briq.- 09	7,656	2,660	2,876	18,435	58,470	2,96
10	100°C	Briq.- 10	4,452	2,660	2,876	15,605	71,471	2,85
11		Briq.- 11	4,797	2,660	2,876	15,910	69,846	3,21
12		Briq.- 12	3,797	2,660	2,876	15,026	74,732	3,42
13	110°C	Briq.- 13	4,716	2,660	2,876	15,838	70,223	2,74
14		Briq.- 14	3,875	2,660	2,876	15,095	74,332	2,61
15		Briq.- 15	3,986	2,660	2,876	15,193	73,764	2,99
16	120°C	Briq.- 16	4,355	2,660	2,876	15,519	71,936	2,71
17		Briq.- 17	4,623	2,660	2,876	15,756	70,660	2,51
18		Briq.- 18	2,882	2,660	2,876	14,218	79,729	2,14
19	130°C	Briq.- 19	3,207	2,660	2,876	14,505	77,890	2,70
20		Briq.- 20	3,452	2,660	2,876	14,721	76,552	2,56
21		Briq.- 21	3,753	2,660	2,876	14,988	74,958	2,17
22	140°C	Briq.- 22	2,961	2,660	2,876	14,287	79,279	2,23
23		Briq.- 23	2,973	2,660	2,876	14,299	79,206	2,84
24		Briq.- 24	3,651	2,660	2,876	14,897	75,493	2,38
25	150°C	Briq.- 25	2,869	2,660	2,876	14,207	79,805	2,89
26		Briq.- 26	2,882	2,660	2,876	14,218	79,729	2,54
27		Briq.- 27	3,738	2,660	2,876	14,974	75,038	2,22
28	160°C	Briq.- 28	2,863	2,660	2,876	14,201	79,841	2,37
29		Briq.- 29	3,473	2,660	2,876	14,740	76,439	2,75
30		Briq.- 30	1,953	2,660	2,876	13,397	85,423	2,13
31	170°C	Briq.- 31	1,922	2,660	2,876	13,370	85,626	3,11
32		Briq.- 32	2,876	2,660	2,876	14,213	79,766	3,58
33		Briq.- 33	3,219	2,660	2,876	14,516	77,825	3,47
34	180°C	Briq.- 34	2,928	2,660	2,876	14,259	79,466	3,98
35		Briq.- 35	2,224	2,660	2,876	13,637	83,689	3,70
36		Briq.- 36	1,505	2,660	2,876	13,002	88,422	3,50
37	190°C	Briq.- 37	2,895	2,660	2,876	14,230	79,654	4,50
38		Briq.- 38	1,056	2,660	2,876	12,605	91,624	4,35
39		Briq.- 39	2,114	2,660	2,876	13,540	84,388	3,78
40	200°C	Briq.- 40	1,316	2,660	2,876	12,835	89,748	5,76
41		Briq.- 41	1,346	2,660	2,876	12,861	89,537	5,40
42		Briq.- 42	2,350	2,660	2,876	13,748	82,905	5,30
43	210°C	Briq.- 43	1,653	2,660	2,876	13,132	87,414	5,68
44		Briq.- 44	0,662	2,660	2,876	12,257	94,601	6,38
45		Briq.- 45	0,691	2,660	2,876	12,282	94,378	5,98

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA** : 14-07-20

DIAS :

CANTERA : Chupuro

MUESTRA : 1,0%

VARIACIONES DE TEMPERATURA EN LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS

ESTABILIDAD (kg) OBTENIDA CUANDO LA TEMPERATURA VARÍA DE 70°C A 210°C

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	PESO SECO	PESO SSS	PESO SUM.	PESO ESPECIF. BULK	ESTABILIDAD	VOLUMEN	FACTOR	ESTAB. CORREGIDA
	UND.		kg	kg	kg	kg/cm ³	kg	cm ³	-	kg
1	70 °C	Briq.- 01	1240	1267	761	2,451	787,80	524,60	1,00	787,80
2		Briq.- 02	1253	1255	748	2,471	790,20	512,30	1,00	790,20
3		Briq.- 03	1251	1262	754	2,463	761,90	514,40	1,00	761,90
4	80 °C	Briq.- 04	1234	1257	760	2,483	737,30	512,60	1,00	737,30
5		Briq.- 05	1244	1268	769	2,493	787,10	518,00	1,00	787,10
6		Briq.- 06	1242	1265	766	2,489	751,60	523,30	1,00	751,60
7	90 °C	Briq.- 07	1239	1270	770	2,478	852,00	512,20	1,00	852,00
8		Briq.- 08	1233	1247	751	2,486	829,50	514,30	1,00	829,50
9		Briq.- 09	1239	1275	766	2,434	817,30	533,60	1,00	817,30
10	100 °C	Briq.- 10	1254	1260	759	2,503	903,90	523,30	1,00	903,90
11		Briq.- 11	1254	1267	770	2,523	872,10	534,80	1,00	872,10
12		Briq.- 12	1237	1247	748	2,479	926,70	513,90	1,00	926,70
13	110 °C	Briq.- 13	1248	1260	766	2,526	1086,20	512,70	1,00	1086,20
14		Briq.- 14	1237	1249	765	2,556	1033,00	516,70	1,00	1033,00
15		Briq.- 15	1257	1258	765	2,550	1056,60	511,10	1,00	1056,60
16	120 °C	Briq.- 16	1240	1250	761	2,536	1143,80	520,60	1,00	1143,80
17		Briq.- 17	1234	1240	753	2,534	1211,30	527,80	1,00	1211,30
18		Briq.- 18	1241	1246	763	2,569	1082,80	515,50	1,00	1082,80
19	130 °C	Briq.- 19	1242	1250	767	2,571	1185,10	534,30	1,00	1185,10
20		Briq.- 20	1245	1259	771	2,551	1214,80	526,30	1,00	1214,80
21		Briq.- 21	1236	1246	761	2,548	1167,70	535,40	1,00	1167,70
22	140 °C	Briq.- 22	1241	1249	768	2,580	1186,10	533,10	1,00	1186,10
23		Briq.- 23	1245	1255	770	2,567	1244,30	521,70	1,00	1244,30
24		Briq.- 24	1244	1248	762	2,560	1205,10	511,60	1,00	1205,10
25	150 °C	Briq.- 25	1236	1242	762	2,575	1282,20	533,50	1,00	1282,20
26		Briq.- 26	1241	1253	771	2,575	1302,80	518,50	1,00	1302,80
27		Briq.- 27	1249	1258	770	2,559	1347,30	527,60	1,00	1347,30
28	160 °C	Briq.- 28	1249	1257	766	2,544	1336,90	518,70	1,00	1336,90
29		Briq.- 29	1256	1261	771	2,563	1358,10	528,70	1,00	1358,10
30		Briq.- 30	1232	1241	764	2,583	1328,20	515,10	1,00	1328,20
31	170 °C	Briq.- 31	1236	1242	767	2,602	1376,50	518,20	1,00	1376,50
32		Briq.- 32	1254	1264	776	2,570	1295,10	535,70	1,00	1295,10
33		Briq.- 33	1248	1256	770	2,568	1328,30	535,50	1,00	1328,30
34	180 °C	Briq.- 34	1244	1254	769	2,565	1103,10	520,20	1,00	1103,10
35		Briq.- 35	1254	1262	775	2,575	1138,10	512,00	1,00	1138,10
36		Briq.- 36	1236	1238	764	2,608	1097,80	511,50	1,00	1097,80
37	190 °C	Briq.- 37	1246	1251	775	2,618	1081,20	530,10	1,00	1081,20
38		Briq.- 38	1238	1246	761	2,553	1163,50	527,10	1,00	1163,50
39		Briq.- 39	1243	1248	772	2,611	1095,70	526,20	1,00	1095,70
40	200 °C	Briq.- 40	1241	1244	770	2,618	919,20	531,70	1,00	919,20
41		Briq.- 41	1237	1243	770	2,615	935,00	526,60	1,00	935,00
42		Briq.- 42	1241	1249	773	2,607	958,80	530,80	1,00	958,80
43	210 °C	Briq.- 43	1242	1248	772	2,609	891,70	533,90	1,00	891,70
44		Briq.- 44	1236	1241	771	2,630	926,90	528,70	1,00	926,90
45		Briq.- 45	1233	1244	776	2,635	954,10	529,60	1,00	954,10

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega

DEPARTAMENTO : JUNIN

FECHA : 14-07-20

DIAS :

CANTERA : Chupuro

MUESTRA : 1,0%

VARIACIONES DE TEMPERATURA EN LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS
FLUJO (mm) OBTENIDO CUANDO LA TEMPERATURA VARÍA DE 70°C A 210°C

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	%VACÍOS	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO	PESO ESPECÍFICO BULK DE	% VMA	% VACIOS LLENOS CON C.A.	FLUJO
	UND.		%	kg/cm ³	kg/cm ³	%	%	mm
1	70°C	Briq.- 01	7,872	2,660	2,876	18,626	57,734	3,89
2		Briq.- 02	7,090	2,660	2,876	17,935	60,467	4,48
3		Briq.- 03	7,421	2,660	2,876	18,227	59,286	4,45
4	80°C	Briq.- 04	6,658	2,660	2,876	17,553	62,070	4,17
5		Briq.- 05	6,279	2,660	2,876	17,218	63,535	4,02
6		Briq.- 06	6,429	2,660	2,876	17,351	62,946	3,72
7	90°C	Briq.- 07	6,842	2,660	2,876	17,716	61,379	3,84
8		Briq.- 08	6,546	2,660	2,876	17,454	62,498	3,79
9		Briq.- 09	8,489	2,660	2,876	19,171	55,718	3,56
10	100°C	Briq.- 10	5,902	2,660	2,876	16,886	65,045	2,95
11		Briq.- 11	5,145	2,660	2,876	16,217	68,273	3,11
12		Briq.- 12	6,806	2,660	2,876	17,684	61,513	3,37
13	110°C	Briq.- 13	5,026	2,660	2,876	16,112	68,807	2,62
14		Briq.- 14	3,918	2,660	2,876	15,133	74,111	2,46
15		Briq.- 15	4,147	2,660	2,876	15,335	72,959	3,12
16	120°C	Briq.- 16	4,670	2,660	2,876	15,797	70,440	3,15
17		Briq.- 17	4,741	2,660	2,876	15,860	70,106	2,68
18		Briq.- 18	3,408	2,660	2,876	14,682	76,791	3,04
19	130°C	Briq.- 19	3,330	2,660	2,876	14,614	77,215	2,89
20		Briq.- 20	4,089	2,660	2,876	15,284	73,246	2,57
21		Briq.- 21	4,193	2,660	2,876	15,376	72,728	2,49
22	140°C	Briq.- 22	3,006	2,660	2,876	14,328	79,020	2,84
23		Briq.- 23	3,496	2,660	2,876	14,760	76,316	3,06
24		Briq.- 24	3,772	2,660	2,876	15,004	74,861	2,58
25	150°C	Briq.- 25	3,195	2,660	2,876	14,495	77,954	3,01
26		Briq.- 26	3,207	2,660	2,876	14,505	77,890	2,75
27		Briq.- 27	3,781	2,660	2,876	15,012	74,814	2,51
28	160°C	Briq.- 28	4,369	2,660	2,876	15,531	71,871	2,25
29		Briq.- 29	3,637	2,660	2,876	14,885	75,568	3,05
30		Briq.- 30	2,902	2,660	2,876	14,236	79,615	2,73
31	170°C	Briq.- 31	2,176	2,660	2,876	13,595	83,990	3,18
32		Briq.- 32	3,396	2,660	2,876	14,672	76,855	3,30
33		Briq.- 33	3,462	2,660	2,876	14,731	76,496	3,68
34	180°C	Briq.- 34	3,573	2,660	2,876	14,829	75,902	4,05
35		Briq.- 35	3,197	2,660	2,876	14,497	77,944	3,95
36		Briq.- 36	1,970	2,660	2,876	13,413	85,311	3,72
37	190°C	Briq.- 37	1,592	2,660	2,876	13,079	87,826	5,46
38		Briq.- 38	4,038	2,660	2,876	15,240	73,500	5,10
39		Briq.- 39	1,829	2,660	2,876	13,288	86,235	4,76
40	200°C	Briq.- 40	1,574	2,660	2,876	13,062	87,954	6,60
41		Briq.- 41	1,683	2,660	2,876	13,159	87,208	6,47
42		Briq.- 42	1,987	2,660	2,876	13,428	85,201	6,09
43	210°C	Briq.- 43	1,908	2,660	2,876	13,358	85,715	6,85
44		Briq.- 44	1,136	2,660	2,876	12,676	91,039	6,52
45		Briq.- 45	0,954	2,660	2,876	12,515	92,375	6,04

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO
CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega

DEPARTAMENTO : JUNIN
FECHA : 17-07-20

DIAS :
CANTERA : Chupuro
MUESTRA : 1,5%

VARIACIONES DE TEMPERATURA EN LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS

ESTABILIDAD (kg) OBTENIDA CUANDO LA TEMPERATURA VARÍA DE 70°C A 210°C

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	PESO SECO	PESO SSS	PESO SUM.	PESO ESPECIF. BULK	ESTABILIDAD	VOLUMEN	FACTOR	ESTAB. CORREGIDA
	UND.		kg	kg	kg	kg/cm ³	kg	cm ³	-	kg
1	70 °C	Briq.- 01	1241	1257	749	2,443	721,90	537,20	1,00	721,90
2		Briq.- 02	1254	1258	745	2,444	801,30	529,00	1,00	801,30
3		Briq.- 03	1252	1265	756	2,460	791,70	529,70	1,00	791,70
4	80 °C	Briq.- 04	1236	1258	755	2,457	813,60	538,70	1,00	813,60
5		Briq.- 05	1246	1271	771	2,492	865,10	528,60	1,00	865,10
6		Briq.- 06	1244	1266	767	2,493	789,30	533,20	1,00	789,30
7	90 °C	Briq.- 07	1240	1273	771	2,470	818,30	536,40	1,00	818,30
8		Briq.- 08	1235	1251	750	2,465	804,20	536,20	1,00	804,20
9		Briq.- 09	1240	1252	749	2,465	775,40	547,40	1,00	775,40
10	100 °C	Briq.- 10	1255	1263	760	2,495	1106,20	537,70	1,00	1106,20
11		Briq.- 11	1255	1265	761	2,490	1049,80	544,00	1,00	1049,80
12		Briq.- 12	1239	1249	749	2,478	993,50	549,70	1,00	993,50
13	110 °C	Briq.- 13	1249	1261	766	2,523	1159,60	522,20	1,00	1159,60
14		Briq.- 14	1238	1251	761	2,527	1116,60	524,50	1,00	1116,60
15		Briq.- 15	1258	1261	766	2,541	1081,80	543,70	1,00	1081,80
16	120 °C	Briq.- 16	1241	1253	763	2,533	1136,60	540,60	1,00	1136,60
17		Briq.- 17	1236	1242	754	2,533	1132,80	540,30	1,00	1132,80
18		Briq.- 18	1242	1248	759	2,540	1035,90	533,70	1,00	1035,90
19	130 °C	Briq.- 19	1244	1251	761	2,539	1151,90	541,90	1,00	1151,90
20		Briq.- 20	1246	1260	772	2,553	1173,00	550,20	1,00	1173,00
21		Briq.- 21	1237	1247	762	2,551	1102,90	543,70	1,00	1102,90
22	140 °C	Briq.- 22	1243	1250	770	2,590	1133,70	545,10	1,00	1133,70
23		Briq.- 23	1247	1256	771	2,571	1234,10	541,60	1,00	1234,10
24		Briq.- 24	1245	1249	763	2,562	1080,30	544,10	1,00	1080,30
25	150 °C	Briq.- 25	1237	1244	761	2,561	1168,70	537,20	1,00	1168,70
26		Briq.- 26	1243	1254	769	2,563	1249,60	545,50	1,00	1249,60
27		Briq.- 27	1251	1261	771	2,553	1240,10	534,10	1,00	1240,10
28	160 °C	Briq.- 28	1251	1258	767	2,548	1398,50	544,90	1,00	1398,50
29		Briq.- 29	1259	1264	773	2,564	1421,10	547,60	1,00	1421,10
30		Briq.- 30	1233	1242	765	2,585	1329,40	545,20	1,00	1329,40
31	170 °C	Briq.- 31	1237	1243	766	2,593	1374,20	536,30	1,00	1374,20
32		Briq.- 32	1257	1265	778	2,581	1349,00	544,00	1,00	1349,00
33		Briq.- 33	1250	1259	772	2,567	1270,90	549,30	1,00	1270,90
34	180 °C	Briq.- 34	1245	1255	771	2,572	1219,50	533,00	1,00	1219,50
35		Briq.- 35	1255	1263	772	2,556	1174,20	534,10	1,00	1174,20
36		Briq.- 36	1237	1239	760	2,582	1132,60	531,30	1,00	1132,60
37	190 °C	Briq.- 37	1247	1252	777	2,625	1089,50	538,70	1,00	1089,50
38		Briq.- 38	1240	1247	762	2,557	1139,40	531,00	1,00	1139,40
39		Briq.- 39	1244	1249	773	2,613	1079,00	561,00	1,00	1079,00
40	200 °C	Briq.- 40	1242	1245	772	2,626	952,40	555,10	1,00	952,40
41		Briq.- 41	1239	1244	771	2,619	932,60	540,80	1,00	932,60
42		Briq.- 42	1242	1251	774	2,604	929,00	553,20	1,00	929,00
43	210 °C	Briq.- 43	1243	1249	773	2,611	973,60	548,00	1,00	973,60
44		Briq.- 44	1238	1243	772	2,628	944,00	538,20	1,00	944,00
45		Briq.- 45	1234	1245	778	2,642	1017,90	557,70	1,00	1017,90

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega

DEPARTAMENTO : JUNIN

FECHA : 17-07-20

DIAS :

CANTERA : Chupuro

MUESTRA : 1,5%

VARIACIONES DE TEMPERATURA EN LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS
FLUJO (mm) OBTENIDO CUANDO LA TEMPERATURA VARÍA DE 70°C A 210°C

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	%VACÍOS	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO	PESO ESPECÍFICO BULK DE	% VMA	% VACÍOS LLENOS CON C.A.	FLUJO
	UND.		%	kg/cm ³	kg/cm ³	%	%	mm
1	70°C	Briq.- 01	8,161	2,660	2,876	18,881	56,776	4,14
2		Briq.- 02	8,104	2,660	2,876	18,830	56,965	4,94
3		Briq.- 03	7,529	2,660	2,876	18,323	58,908	4,58
4	80°C	Briq.- 04	7,622	2,660	2,876	18,405	58,587	4,30
5		Briq.- 05	6,316	2,660	2,876	17,251	63,389	4,29
6		Briq.- 06	6,279	2,660	2,876	17,218	63,535	4,01
7	90°C	Briq.- 07	7,138	2,660	2,876	17,978	60,293	4,06
8		Briq.- 08	7,328	2,660	2,876	18,145	59,614	3,94
9		Briq.- 09	7,323	2,660	2,876	18,141	59,632	3,67
10	100°C	Briq.- 10	6,202	2,660	2,876	17,150	63,838	3,15
11		Briq.- 11	6,388	2,660	2,876	17,315	63,107	3,33
12		Briq.- 12	6,842	2,660	2,876	17,716	61,379	3,60
13	110°C	Briq.- 13	5,142	2,660	2,876	16,214	68,289	2,77
14		Briq.- 14	5,018	2,660	2,876	16,104	68,843	2,56
15		Briq.- 15	4,458	2,660	2,876	15,610	71,441	3,00
16	120°C	Briq.- 16	4,787	2,660	2,876	15,901	69,892	3,21
17		Briq.- 17	4,782	2,660	2,876	15,897	69,915	2,84
18		Briq.- 18	4,516	2,660	2,876	15,661	71,165	3,23
19	130°C	Briq.- 19	4,557	2,660	2,876	15,698	70,969	2,99
20		Briq.- 20	4,012	2,660	2,876	15,216	73,633	2,94
21		Briq.- 21	4,116	2,660	2,876	15,308	73,112	2,54
22	140°C	Briq.- 22	2,647	2,660	2,876	14,011	81,106	3,08
23		Briq.- 23	3,341	2,660	2,876	14,623	77,154	3,39
24		Briq.- 24	3,694	2,660	2,876	14,936	75,264	2,70
25	150°C	Briq.- 25	3,719	2,660	2,876	14,957	75,136	3,18
26		Briq.- 26	3,651	2,660	2,876	14,897	75,493	2,80
27		Briq.- 27	4,020	2,660	2,876	15,223	73,592	2,60
28	160°C	Briq.- 28	4,216	2,660	2,876	15,396	72,618	3,37
29		Briq.- 29	3,603	2,660	2,876	14,855	75,744	3,02
30		Briq.- 30	2,823	2,660	2,876	14,166	80,071	3,14
31	170°C	Briq.- 31	2,508	2,660	2,876	13,888	81,942	3,21
32		Briq.- 32	2,966	2,660	2,876	14,292	79,248	3,67
33		Briq.- 33	3,506	2,660	2,876	14,769	76,260	3,85
34	180°C	Briq.- 34	3,296	2,660	2,876	14,584	77,397	4,15
35		Briq.- 35	3,909	2,660	2,876	15,126	74,153	4,53
36		Briq.- 36	2,915	2,660	2,876	14,247	79,540	3,85
37	190°C	Briq.- 37	1,306	2,660	2,876	12,826	89,818	5,36
38		Briq.- 38	3,883	2,660	2,876	15,103	74,286	5,05
39		Briq.- 39	1,750	2,660	2,876	13,218	86,760	4,83
40	200°C	Briq.- 40	1,286	2,660	2,876	12,808	89,960	6,60
41		Briq.- 41	1,524	2,660	2,876	13,019	88,291	6,53
42		Briq.- 42	2,114	2,660	2,876	13,540	84,388	6,21
43	210°C	Briq.- 43	1,829	2,660	2,876	13,288	86,235	7,98
44		Briq.- 44	1,186	2,660	2,876	12,720	90,675	7,59
45		Briq.- 45	0,662	2,660	2,876	12,257	94,601	7,28

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega

DEPARTAMENTO : JUNIN

FECHA : 20-07-20

DIAS :

CANTERA : Chupuro

MUESTRA : 2,0%

VARIACIONES DE TEMPERATURA EN LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS
ESTABILIDAD (kg) OBTENIDA CUANDO LA TEMPERATURA VARÍA DE 70°C A 210°C

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	PESO SECO	PESO SSS	PESO SUM.	PESO ESPECIF. BULK	ESTABILIDAD	VOLUMEN	FACTOR	ESTAB. CORREGIDA
	UND.		kg	kg	kg	kg/cm ³	kg	cm ³	-	kg
1	70 °C	Briq.- 01	1243	1258	748	2,437	793,10	511,70	1,00	793,10
2		Briq.- 02	1255	1261	751	2,461	836,70	526,70	1,00	836,70
3		Briq.- 03	1251	1259	749	2,453	825,40	522,10	1,00	825,40
4	80 °C	Briq.- 04	1237	1247	746	2,469	810,40	525,90	1,00	810,40
5		Briq.- 05	1247	1253	743	2,445	835,10	514,50	1,00	835,10
6		Briq.- 06	1245	1252	748	2,470	778,80	515,60	1,00	778,80
7	90 °C	Briq.- 07	1241	1251	747	2,462	812,50	519,20	1,00	812,50
8		Briq.- 08	1237	1245	741	2,454	795,40	532,40	1,00	795,40
9		Briq.- 09	1241	1253	751	2,472	901,30	511,60	1,00	901,30
10	100 °C	Briq.- 10	1258	1261	756	2,491	1097,50	527,10	1,00	1097,50
11		Briq.- 11	1254	1260	753	2,473	1007,30	512,40	1,00	1007,30
12		Briq.- 12	1240	1251	755	2,500	1021,70	512,20	1,00	1021,70
13	110 °C	Briq.- 13	1251	1259	758	2,497	1205,50	531,20	1,00	1205,50
14		Briq.- 14	1239	1245	748	2,493	1127,90	511,00	1,00	1127,90
15		Briq.- 15	1259	1263	759	2,498	1136,40	512,30	1,00	1136,40
16	120 °C	Briq.- 16	1242	1252	761	2,530	1229,40	521,70	1,00	1229,40
17		Briq.- 17	1237	1244	758	2,545	1248,90	520,10	1,00	1248,90
18		Briq.- 18	1244	1249	763	2,560	1120,10	512,80	1,00	1120,10
19	130 °C	Briq.- 19	1245	1252	761	2,536	1162,30	528,20	1,00	1162,30
20		Briq.- 20	1247	1251	768	2,582	1172,70	529,20	1,00	1172,70
21		Briq.- 21	1239	1246	757	2,534	1068,60	518,10	1,00	1068,60
22	140 °C	Briq.- 22	1245	1249	760	2,546	1154,70	521,70	1,00	1154,70
23		Briq.- 23	1248	1255	765	2,547	1196,70	518,20	1,00	1196,70
24		Briq.- 24	1247	1250	761	2,550	1046,80	523,90	1,00	1046,80
25	150 °C	Briq.- 25	1238	1245	768	2,595	1123,40	518,40	1,00	1123,40
26		Briq.- 26	1245	1255	768	2,556	1211,60	515,90	1,00	1211,60
27		Briq.- 27	1254	1262	769	2,544	1263,10	526,20	1,00	1263,10
28	160 °C	Briq.- 28	1252	1259	776	2,592	1409,00	516,80	1,00	1409,00
29		Briq.- 29	1260	1267	771	2,540	1392,90	531,20	1,00	1392,90
30		Briq.- 30	1234	1243	765	2,582	1327,50	523,50	1,00	1327,50
31	170 °C	Briq.- 31	1239	1244	762	2,571	1368,10	535,40	1,00	1368,10
32		Briq.- 32	1260	1268	771	2,535	1362,50	517,70	1,00	1362,50
33		Briq.- 33	1253	1258	769	2,562	1334,80	529,90	1,00	1334,80
34	180 °C	Briq.- 34	1246	1252	770	2,585	989,70	528,00	1,00	989,70
35		Briq.- 35	1258	1261	773	2,578	1106,70	516,70	1,00	1106,70
36		Briq.- 36	1238	1240	761	2,585	1134,30	533,10	1,00	1134,30
37	190 °C	Briq.- 37	1249	1255	774	2,597	1123,20	530,10	1,00	1123,20
38		Briq.- 38	1241	1249	768	2,580	1128,00	535,80	1,00	1128,00
39		Briq.- 39	1246	1251	769	2,585	1133,60	526,70	1,00	1133,60
40	200 °C	Briq.- 40	1244	1249	771	2,603	952,60	515,40	1,00	952,60
41		Briq.- 41	1240	1244	765	2,589	989,40	514,30	1,00	989,40
42		Briq.- 42	1244	1252	774	2,603	966,60	521,00	1,00	966,60
43	210 °C	Briq.- 43	1245	1247	773	2,627	964,50	529,30	1,00	964,50
44		Briq.- 44	1240	1243	770	2,622	962,90	521,80	1,00	962,90
45		Briq.- 45	1236	1239	766	2,613	1028,10	511,50	1,00	1028,10

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA** : 20-07-20

DIAS :

CANTERA : Chupuro

MUESTRA : 2,0%

VARIACIONES DE TEMPERATURA EN LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS
FLUJO (mm) OBTENIDO CUANDO LA TEMPERATURA VARÍA DE 70°C A 210°C

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	%VACÍOS	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO	PESO ESPECÍFICO BULK DE	% VMA	% VACIOS LLENOS CON C.A	FLUJO
	UND.		%	kg/cm ³	kg/cm ³	%	%	mm
1	70°C	Briq.- 01	8,374	2,660	2,876	19,069	56,086	4,95
2		Briq.- 02	7,489	2,660	2,876	18,288	59,047	4,74
3		Briq.- 03	7,784	2,660	2,876	18,548	58,032	5,08
4	80°C	Briq.- 04	7,178	2,660	2,876	18,013	60,150	4,63
5		Briq.- 05	8,079	2,660	2,876	18,808	57,046	4,33
6		Briq.- 06	7,134	2,660	2,876	17,974	60,309	4,08
7	90°C	Briq.- 07	7,432	2,660	2,876	18,237	59,247	4,06
8		Briq.- 08	7,731	2,660	2,876	18,501	58,214	4,17
9		Briq.- 09	7,063	2,660	2,876	17,911	60,564	3,88
10	100°C	Briq.- 10	6,350	2,660	2,876	17,281	63,255	3,17
11		Briq.- 11	7,016	2,660	2,876	17,870	60,737	3,42
12		Briq.- 12	6,015	2,660	2,876	16,985	64,587	3,70
13	110°C	Briq.- 13	6,128	2,660	2,876	17,085	64,134	2,85
14		Briq.- 14	6,280	2,660	2,876	17,219	63,530	2,71
15		Briq.- 15	6,090	2,660	2,876	17,051	64,286	3,30
16	120°C	Briq.- 16	4,905	2,660	2,876	16,005	69,354	3,49
17		Briq.- 17	4,313	2,660	2,876	15,482	72,141	2,86
18		Briq.- 18	3,772	2,660	2,876	15,004	74,861	3,26
19	130°C	Briq.- 19	4,675	2,660	2,876	15,802	70,414	3,29
20		Briq.- 20	2,941	2,660	2,876	14,270	79,393	3,23
21		Briq.- 21	4,747	2,660	2,876	15,865	70,082	2,65
22	140°C	Briq.- 22	4,285	2,660	2,876	15,458	72,277	3,23
23		Briq.- 23	4,250	2,660	2,876	15,427	72,448	3,46
24		Briq.- 24	4,131	2,660	2,876	15,322	73,035	2,86
25	150°C	Briq.- 25	2,429	2,660	2,876	13,818	82,421	3,21
26		Briq.- 26	3,892	2,660	2,876	15,110	74,242	3,05
27		Briq.- 27	4,376	2,660	2,876	15,537	71,838	2,83
28	160°C	Briq.- 28	2,551	2,660	2,876	13,926	81,679	2,93
29		Briq.- 29	4,499	2,660	2,876	15,646	71,245	3,26
30		Briq.- 30	2,948	2,660	2,876	14,276	79,352	2,95
31	170°C	Briq.- 31	3,363	2,660	2,876	14,643	77,032	3,56
32		Briq.- 32	4,691	2,660	2,876	15,816	70,339	4,10
33		Briq.- 33	3,670	2,660	2,876	14,914	75,391	3,83
34	180°C	Briq.- 34	2,817	2,660	2,876	14,161	80,106	4,52
35		Briq.- 35	3,088	2,660	2,876	14,400	78,558	4,49
36		Briq.- 36	2,836	2,660	2,876	14,178	79,994	4,18
37	190°C	Briq.- 37	2,381	2,660	2,876	13,775	82,718	5,82
38		Briq.- 38	3,006	2,660	2,876	14,328	79,020	5,65
39		Briq.- 39	2,817	2,660	2,876	14,161	80,106	5,13
40	200°C	Briq.- 40	2,161	2,660	2,876	13,581	84,087	7,38
41		Briq.- 41	2,679	2,660	2,876	14,039	80,914	7,16
42		Briq.- 42	2,161	2,660	2,876	13,581	84,087	6,75
43	210°C	Briq.- 43	1,256	2,660	2,876	12,782	90,171	7,66
44		Briq.- 44	1,445	2,660	2,876	12,949	88,841	8,17
45		Briq.- 45	1,763	2,660	2,876	13,230	86,675	7,92

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega

DEPARTAMENTO : JUNIN

FECHA : 23-07-20

DIAS :

CANTERA : Chupuro

MUESTRA : 2,5%

VARIACIONES DE TEMPERATURA EN LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS

ESTABILIDAD (kg) OBTENIDA CUANDO LA TEMPERATURA VARÍA DE 70°C A 210°C

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	PESO SECO	PESO SSS	PESO SUM.	PESO ESPECIF. RUI.K	ESTABILIDAD	VOLUMEN	FACTOR	ESTAB. CORREGIDA
	UND.		kg	kg	kg	kg/cm ³	kg	cm ³	-	kg
1	70 °C	Briq.- 01	1244	1258	749	2,444	799,10	531,00	1,00	799,10
2		Briq.- 02	1247	1261	752	2,450	841,20	532,70	1,00	841,20
3		Briq.- 03	1242	1255	749	2,455	871,30	516,30	1,00	871,30
4	80 °C	Briq.- 04	1235	1249	744	2,446	834,70	531,50	1,00	834,70
5		Briq.- 05	1241	1253	746	2,448	860,20	517,60	1,00	860,20
6		Briq.- 06	1246	1252	743	2,448	828,80	530,00	1,00	828,80
7	90 °C	Briq.- 07	1243	1251	747	2,466	879,90	511,70	1,00	879,90
8		Briq.- 08	1238	1245	742	2,461	827,40	528,10	1,00	827,40
9		Briq.- 09	1241	1252	745	2,448	819,10	526,90	1,00	819,10
10	100 °C	Briq.- 10	1250	1258	757	2,495	1121,30	528,00	1,00	1121,30
11		Briq.- 11	1257	1260	755	2,489	1079,00	529,10	1,00	1079,00
12		Briq.- 12	1243	1250	748	2,476	1032,50	512,80	1,00	1032,50
13	110 °C	Briq.- 13	1253	1259	751	2,467	1229,70	532,80	1,00	1229,70
14		Briq.- 14	1239	1248	747	2,473	1161,70	528,90	1,00	1161,70
15		Briq.- 15	1259	1263	756	2,483	1147,90	530,20	1,00	1147,90
16	120 °C	Briq.- 16	1244	1252	762	2,539	1218,20	533,30	1,00	1218,20
17		Briq.- 17	1239	1244	760	2,560	1286,30	524,60	1,00	1286,30
18		Briq.- 18	1245	1249	759	2,541	1131,60	529,60	1,00	1131,60
19	130 °C	Briq.- 19	1246	1252	762	2,543	1182,50	517,10	1,00	1182,50
20		Briq.- 20	1249	1251	763	2,559	1207,60	529,80	1,00	1207,60
21		Briq.- 21	1241	1246	759	2,548	1193,20	515,60	1,00	1193,20
22	140 °C	Briq.- 22	1247	1251	762	2,550	1154,10	517,00	1,00	1154,10
23		Briq.- 23	1249	1255	766	2,554	1233,50	517,50	1,00	1233,50
24		Briq.- 24	1249	1250	762	2,559	1120,30	533,30	1,00	1120,30
25	150 °C	Briq.- 25	1239	1246	758	2,539	1224,50	512,00	1,00	1224,50
26		Briq.- 26	1247	1255	767	2,555	1275,30	512,50	1,00	1275,30
27		Briq.- 27	1257	1262	770	2,555	1348,40	535,50	1,00	1348,40
28	160 °C	Briq.- 28	1255	1259	770	2,566	1319,40	532,70	1,00	1319,40
29		Briq.- 29	1263	1267	773	2,557	1307,60	525,80	1,00	1307,60
30		Briq.- 30	1236	1243	762	2,570	1354,10	530,40	1,00	1354,10
31	170 °C	Briq.- 31	1241	1244	761	2,569	1336,00	523,30	1,00	1336,00
32		Briq.- 32	1261	1268	773	2,547	1276,10	515,30	1,00	1276,10
33		Briq.- 33	1256	1258	770	2,574	1322,20	530,00	1,00	1322,20
34	180 °C	Briq.- 34	1247	1252	762	2,545	1219,80	529,80	1,00	1219,80
35		Briq.- 35	1259	1261	771	2,569	1162,50	513,10	1,00	1162,50
36		Briq.- 36	1240	1240	759	2,578	1118,10	535,80	1,00	1118,10
37	190 °C	Briq.- 37	1250	1255	772	2,588	1120,50	513,00	1,00	1120,50
38		Briq.- 38	1243	1249	769	2,590	1094,70	522,10	1,00	1094,70
39		Briq.- 39	1248	1251	766	2,573	1007,60	531,80	1,00	1007,60
40	200 °C	Briq.- 40	1246	1249	773	2,618	1030,00	518,20	1,00	1030,00
41		Briq.- 41	1242	1244	766	2,598	1041,40	526,30	1,00	1041,40
42		Briq.- 42	1246	1252	775	2,612	1013,50	524,70	1,00	1013,50
43	210 °C	Briq.- 43	1246	1247	770	2,612	1012,20	528,40	1,00	1012,20
44		Briq.- 44	1241	1243	771	2,629	1041,00	512,20	1,00	1041,00
45		Briq.- 45	1237	1239	767	2,621	1049,90	525,90	1,00	1049,90

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA** : 23-07-20

DIAS :

CANTERA : Chupuro

MUESTRA : 2,5%

VARIACIONES DE TEMPERATURA EN LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS
FLUJO (mm) OBTENIDO CUANDO LA TEMPERATURA VARÍA DE 70°C A 210°C

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	%VACÍOS	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO	PESO ESPECÍFICO BULK DE	% VMA	% VACIOS LLENOS CON C.A	FLUJO
	UND.		%	kg/cm ³	kg/cm ³	%	%	mm
1	70°C	Briq.- 01	8,120	2,660	2,876	18,845	56,911	4,94
2		Briq.- 02	7,898	2,660	2,876	18,649	57,647	5,32
3		Briq.- 03	7,724	2,660	2,876	18,495	58,238	5,01
4	80°C	Briq.- 04	8,062	2,660	2,876	18,794	57,101	4,83
5		Briq.- 05	7,980	2,660	2,876	18,721	57,374	4,91
6		Briq.- 06	7,972	2,660	2,876	18,714	57,400	4,31
7	90°C	Briq.- 07	7,283	2,660	2,876	18,105	59,774	4,24
8		Briq.- 08	7,472	2,660	2,876	18,273	59,106	4,24
9		Briq.- 09	7,980	2,660	2,876	18,721	57,374	3,91
10	100°C	Briq.- 10	6,203	2,660	2,876	17,151	63,835	3,32
11		Briq.- 11	6,424	2,660	2,876	17,347	62,965	3,54
12		Briq.- 12	6,914	2,660	2,876	17,779	61,113	3,86
13	110°C	Briq.- 13	7,273	2,660	2,876	18,097	59,810	3,03
14		Briq.- 14	7,028	2,660	2,876	17,880	60,694	2,83
15		Briq.- 15	6,645	2,660	2,876	17,542	62,118	3,47
16	120°C	Briq.- 16	4,557	2,660	2,876	15,698	70,969	3,28
17		Briq.- 17	3,763	2,660	2,876	14,996	74,910	3,02
18		Briq.- 18	4,481	2,660	2,876	15,630	71,334	3,45
19	130°C	Briq.- 19	4,404	2,660	2,876	15,562	71,702	3,23
20		Briq.- 20	3,781	2,660	2,876	15,012	74,814	3,37
21		Briq.- 21	4,201	2,660	2,876	15,383	72,691	2,70
22	140°C	Briq.- 22	4,131	2,660	2,876	15,322	73,035	3,14
23		Briq.- 23	3,978	2,660	2,876	15,186	73,806	3,52
24		Briq.- 24	3,781	2,660	2,876	15,012	74,814	3,04
25	150°C	Briq.- 25	4,551	2,660	2,876	15,693	70,997	3,24
26		Briq.- 26	3,935	2,660	2,876	15,148	74,023	3,13
27		Briq.- 27	3,952	2,660	2,876	15,163	73,937	2,83
28	160°C	Briq.- 28	3,516	2,660	2,876	14,778	76,206	3,04
29		Briq.- 29	3,884	2,660	2,876	15,103	74,282	3,46
30		Briq.- 30	3,397	2,660	2,876	14,673	76,850	3,17
31	170°C	Briq.- 31	3,408	2,660	2,876	14,682	76,791	3,84
32		Briq.- 32	4,230	2,660	2,876	15,409	72,547	4,25
33		Briq.- 33	3,242	2,660	2,876	14,536	77,698	4,03
34	180°C	Briq.- 34	4,327	2,660	2,876	15,495	72,073	4,72
35		Briq.- 35	3,406	2,660	2,876	14,681	76,797	4,59
36		Briq.- 36	3,084	2,660	2,876	14,397	78,577	4,40
37	190°C	Briq.- 37	2,707	2,660	2,876	14,064	80,751	5,78
38		Briq.- 38	2,647	2,660	2,876	14,011	81,106	6,07
39		Briq.- 39	3,263	2,660	2,876	14,555	77,579	5,63
40	200°C	Briq.- 40	1,592	2,660	2,876	13,079	87,826	7,60
41		Briq.- 41	2,319	2,660	2,876	13,720	83,101	7,52
42		Briq.- 42	1,799	2,660	2,876	13,261	86,438	7,28
43	210°C	Briq.- 43	1,799	2,660	2,876	13,261	86,438	8,35
44		Briq.- 44	1,156	2,660	2,876	12,694	90,889	8,19
45		Briq.- 45	1,475	2,660	2,876	12,975	88,632	8,21

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020
PROVINCIA : HUANCAYO
CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega
DEPARTAMENTO : JUNIN
FECHA : 26-07-20
DIAS :
CANTERA : Chupuro
MUESTRA : 3,0%

VARIACIONES DE TEMPERATURA EN LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS

ESTABILIDAD (kg) OBTENIDA CUANDO LA TEMPERATURA VARÍA DE 70°C A 210°C

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	PESO SECO	PESO SSS	PESO SUM.	PESO ESPECIF. BULK	ESTABILIDAD	VOLUMEN	FACTOR	ESTAB. CORREGIDA
	UND.		kg	kg	kg	kg/cm ³	kg	cm ³	-	kg
1	70 °C	Briq.- 01	1244	1258	746	2,430	889,20	520,10	1,00	889,20
2		Briq.- 02	1245	1261	746	2,417	871,60	523,50	1,00	871,60
3		Briq.- 03	1244	1257	741	2,411	891,40	512,90	1,00	891,40
4	80 °C	Briq.- 04	1253	1267	746	2,405	882,10	523,80	1,00	882,10
5		Briq.- 05	1245	1255	750	2,465	899,40	529,10	1,00	899,40
6		Briq.- 06	1241	1258	749	2,438	830,30	515,30	1,00	830,30
7	90 °C	Briq.- 07	1241	1248	753	2,507	907,50	525,10	1,00	907,50
8		Briq.- 08	1254	1263	761	2,498	997,10	519,10	1,00	997,10
9		Briq.- 09	1234	1249	754	2,493	913,80	511,90	1,00	913,80
10	100 °C	Briq.- 10	1233	1260	766	2,496	979,50	514,50	1,00	979,50
11		Briq.- 11	1243	1260	762	2,496	1083,70	513,40	1,00	1083,70
12		Briq.- 12	1232	1261	763	2,474	954,60	517,40	1,00	954,60
13	110 °C	Briq.- 13	1239	1251	763	2,539	1104,50	513,40	1,00	1104,50
14		Briq.- 14	1249	1260	762	2,508	986,90	515,30	1,00	986,90
15		Briq.- 15	1245	1264	765	2,495	1072,00	514,30	1,00	1072,00
16	120 °C	Briq.- 16	1235	1255	764	2,515	1299,20	511,10	1,00	1299,20
17		Briq.- 17	1243	1268	766	2,476	1323,70	516,70	1,00	1323,70
18		Briq.- 18	1236	1255	760	2,497	1307,10	516,90	1,00	1307,10
19	130 °C	Briq.- 19	1244	1252	760	2,528	1353,60	518,50	1,00	1353,60
20		Briq.- 20	1239	1248	753	2,503	1386,50	518,70	1,00	1386,50
21		Briq.- 21	1251	1271	768	2,487	1368,00	523,30	1,00	1368,00
22	140 °C	Briq.- 22	1243	1250	765	2,563	1321,90	513,20	1,00	1321,90
23		Briq.- 23	1235	1252	753	2,475	1371,90	512,60	1,00	1371,90
24		Briq.- 24	1234	1257	767	2,518	1389,60	516,00	1,00	1389,60
25	150 °C	Briq.- 25	1232	1255	766	2,519	1265,60	526,60	1,00	1265,60
26		Briq.- 26	1242	1251	765	2,556	1214,10	514,90	1,00	1214,10
27		Briq.- 27	1233	1248	765	2,553	1271,70	524,30	1,00	1271,70
28	160 °C	Briq.- 28	1238	1258	772	2,547	1177,00	528,70	1,00	1177,00
29		Briq.- 29	1232	1240	767	2,605	1229,80	522,70	1,00	1229,80
30		Briq.- 30	1238	1250	771	2,585	1285,80	521,00	1,00	1285,80
31	170 °C	Briq.- 31	1243	1253	772	2,584	1211,90	510,90	1,00	1211,90
32		Briq.- 32	1233	1259	766	2,501	1208,70	518,20	1,00	1208,70
33		Briq.- 33	1234	1248	774	2,603	1204,10	527,20	1,00	1204,10
34	180 °C	Briq.- 34	1246	1261	769	2,533	1227,40	523,20	1,00	1227,40
35		Briq.- 35	1251	1259	768	2,548	1168,00	525,60	1,00	1168,00
36		Briq.- 36	1237	1246	774	2,621	1231,90	515,70	1,00	1231,90
37	190 °C	Briq.- 37	1234	1258	780	2,582	1210,60	516,00	1,00	1210,60
38		Briq.- 38	1248	1256	776	2,600	1191,00	516,60	1,00	1191,00
39		Briq.- 39	1236	1249	775	2,608	1160,70	515,50	1,00	1160,70
40	200 °C	Briq.- 40	1232	1241	766	2,594	1035,80	519,00	1,00	1035,80
41		Briq.- 41	1248	1258	778	2,600	1068,80	524,90	1,00	1068,80
42		Briq.- 42	1251	1263	785	2,617	1117,90	528,90	1,00	1117,90
43	210 °C	Briq.- 43	1236	1256	779	2,591	1034,10	519,10	1,00	1034,10
44		Briq.- 44	1233	1241	765	2,590	1056,20	511,30	1,00	1056,20
45		Briq.- 45	1238	1245	767	2,590	1006,70	517,90	1,00	1006,70

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA** : 26-07-20

DIAS :

CANTERA : Chupuro

MUESTRA : 3,0%

VARIACIONES DE TEMPERATURA EN LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS
FLUJO (mm) OBTENIDO CUANDO LA TEMPERATURA VARÍA DE 70°C A 210°C

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	%VACÍOS	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO	PESO ESPECÍFICO BULK DE	% VMA	% VACÍOS LLENOS CON C.A	FLUJO
	UND.		%	kg/cm ³	kg/cm ³	%	%	mm
1	70°C	Briq.- 01	8,658	2,660	2,876	19,320	55,185	5,10
2		Briq.- 02	9,117	2,660	2,876	19,726	53,779	5,54
3		Briq.- 03	9,366	2,660	2,876	19,946	53,040	5,28
4	80°C	Briq.- 04	9,587	2,660	2,876	20,140	52,400	5,15
5		Briq.- 05	7,318	2,660	2,876	18,136	59,651	5,02
6		Briq.- 06	8,342	2,660	2,876	19,040	56,190	4,64
7	90°C	Briq.- 07	5,749	2,660	2,876	16,751	65,678	4,73
8		Briq.- 08	6,090	2,660	2,876	17,052	64,285	4,59
9		Briq.- 09	6,281	2,660	2,876	17,220	63,526	4,38
10	100°C	Briq.- 10	6,167	2,660	2,876	17,120	63,976	3,40
11		Briq.- 11	6,166	2,660	2,876	17,119	63,981	3,73
12		Briq.- 12	6,996	2,660	2,876	17,852	60,809	3,85
13	110°C	Briq.- 13	4,551	2,660	2,876	15,693	70,997	3,14
14		Briq.- 14	5,713	2,660	2,876	16,719	65,828	2,97
15		Briq.- 15	6,203	2,660	2,876	17,152	63,832	3,56
16	120°C	Briq.- 16	5,441	2,660	2,876	16,478	66,982	3,47
17		Briq.- 17	6,914	2,660	2,876	17,779	61,113	2,96
18		Briq.- 18	6,129	2,660	2,876	17,086	64,129	3,63
19	130°C	Briq.- 19	4,945	2,660	2,876	16,041	69,170	3,27
20		Briq.- 20	5,901	2,660	2,876	16,885	65,051	3,09
21		Briq.- 21	6,501	2,660	2,876	17,414	62,670	2,67
22	140°C	Briq.- 22	3,651	2,660	2,876	14,897	75,493	3,36
23		Briq.- 23	6,957	2,660	2,876	17,817	60,955	2,99
24		Briq.- 24	5,325	2,660	2,876	16,375	67,485	3,01
25	150°C	Briq.- 25	5,285	2,660	2,876	16,340	67,659	3,66
26		Briq.- 26	3,926	2,660	2,876	15,141	74,067	3,42
27		Briq.- 27	4,030	2,660	2,876	15,232	73,541	3,26
28	160°C	Briq.- 28	4,236	2,660	2,876	15,414	72,519	3,15
29		Briq.- 29	2,081	2,660	2,876	13,510	84,599	3,71
30		Briq.- 30	2,836	2,660	2,876	14,178	79,994	3,41
31	170°C	Briq.- 31	2,850	2,660	2,876	14,189	79,917	3,92
32		Briq.- 32	5,977	2,660	2,876	16,952	64,742	4,28
33		Briq.- 33	2,129	2,660	2,876	13,553	84,293	4,46
34	180°C	Briq.- 34	4,792	2,660	2,876	15,906	69,869	4,98
35		Briq.- 35	4,216	2,660	2,876	15,396	72,618	4,79
36		Briq.- 36	1,475	2,660	2,876	12,975	88,632	4,50
37	190°C	Briq.- 37	2,948	2,660	2,876	14,276	79,352	6,55
38		Briq.- 38	2,256	2,660	2,876	13,665	83,493	6,31
39		Briq.- 39	1,970	2,660	2,876	13,413	85,311	5,69
40	200°C	Briq.- 40	2,493	2,660	2,876	13,875	82,031	7,73
41		Briq.- 41	2,256	2,660	2,876	13,665	83,493	7,67
42		Briq.- 42	1,611	2,660	2,876	13,095	87,700	7,29
43	210°C	Briq.- 43	2,587	2,660	2,876	13,957	81,467	8,71
44		Briq.- 44	2,619	2,660	2,876	13,986	81,274	9,08
45		Briq.- 45	2,633	2,660	2,876	13,998	81,189	8,41

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega

DEPARTAMENTO : JUNIN

FECHA : 29-07-20

DIAS :

CANTERA : Chupuro

MUESTRA : 3,5%

VARIACIONES DE TEMPERATURA EN LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS
ESTABILIDAD (kg) OBTENIDA CUANDO LA TEMPERATURA VARÍA DE 70°C A 210°C

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	PESO SECO	PESO SSS	PESO SUM.	PESO ESPECIF. BULK	ESTABILIDAD	VOLUMEN	FACTOR	ESTAB. CORREGIDA
	UND.		kg	kg	kg	kg/cm ³	kg	cm ³	-	kg
1	70 °C	Briq.- 01	1245	1267	748	2,399	889,50	520,50	1,00	889,50
2		Briq.- 02	1241	1253	749	2,462	912,60	519,20	1,00	912,60
3		Briq.- 03	1247	1258	746	2,436	955,30	518,00	1,00	955,30
4	80 °C	Briq.- 04	1244	1265	746	2,397	854,20	520,90	1,00	854,20
5		Briq.- 05	1244	1263	751	2,430	877,60	527,70	1,00	877,60
6		Briq.- 06	1242	1259	744	2,412	816,20	516,30	1,00	816,20
7	90 °C	Briq.- 07	1246	1254	752	2,482	902,40	524,20	1,00	902,40
8		Briq.- 08	1235	1260	766	2,500	951,30	530,30	1,00	951,30
9		Briq.- 09	1243	1268	761	2,452	974,40	530,20	1,00	974,40
10	100 °C	Briq.- 10	1239	1250	758	2,518	1084,00	515,10	1,00	1084,00
11		Briq.- 11	1247	1265	761	2,474	1115,10	520,70	1,00	1115,10
12		Briq.- 12	1250	1261	762	2,505	1108,00	511,80	1,00	1108,00
13	110 °C	Briq.- 13	1239	1252	756	2,498	1144,30	523,20	1,00	1144,30
14		Briq.- 14	1243	1256	761	2,511	1101,00	526,60	1,00	1101,00
15		Briq.- 15	1236	1264	768	2,492	1266,50	520,20	1,00	1266,50
16	120 °C	Briq.- 16	1247	1261	763	2,504	1286,30	520,30	1,00	1286,30
17		Briq.- 17	1242	1251	754	2,499	1297,30	525,50	1,00	1297,30
18		Briq.- 18	1251	1271	767	2,482	1211,90	525,20	1,00	1211,90
19	130 °C	Briq.- 19	1256	1262	761	2,507	1237,20	510,60	1,00	1237,20
20		Briq.- 20	1243	1257	763	2,516	1310,70	525,20	1,00	1310,70
21		Briq.- 21	1235	1253	772	2,568	1292,00	516,70	1,00	1292,00
22	140 °C	Briq.- 22	1256	1274	775	2,517	1324,80	510,90	1,00	1324,80
23		Briq.- 23	1236	1253	770	2,559	1191,50	518,10	1,00	1191,50
24		Briq.- 24	1242	1249	762	2,550	1201,30	527,80	1,00	1201,30
25	150 °C	Briq.- 25	1251	1258	767	2,548	1215,80	518,40	1,00	1215,80
26		Briq.- 26	1255	1271	771	2,510	1202,00	516,80	1,00	1202,00
27		Briq.- 27	1242	1262	769	2,519	1293,40	517,40	1,00	1293,40
28	160 °C	Briq.- 28	1249	1260	772	2,559	1142,40	527,80	1,00	1142,40
29		Briq.- 29	1236	1239	755	2,554	1254,30	514,50	1,00	1254,30
30		Briq.- 30	1248	1257	767	2,547	1188,90	520,60	1,00	1188,90
31	170 °C	Briq.- 31	1255	1264	769	2,535	1174,50	513,30	1,00	1174,50
32		Briq.- 32	1253	1261	774	2,573	1208,00	528,70	1,00	1208,00
33		Briq.- 33	1237	1242	765	2,593	1192,10	515,50	1,00	1192,10
34	180 °C	Briq.- 34	1236	1239	758	2,570	1251,90	523,30	1,00	1251,90
35		Briq.- 35	1234	1245	769	2,592	1167,60	517,70	1,00	1167,60
36		Briq.- 36	1240	1254	770	2,562	1207,30	515,50	1,00	1207,30
37	190 °C	Briq.- 37	1249	1260	769	2,544	1246,90	529,30	1,00	1246,90
38		Briq.- 38	1247	1251	776	2,625	1250,90	517,80	1,00	1250,90
39		Briq.- 39	1253	1261	772	2,562	1231,00	510,70	1,00	1231,00
40	200 °C	Briq.- 40	1242	1249	769	2,588	1077,00	519,00	1,00	1077,00
41		Briq.- 41	1254	1262	781	2,607	1101,00	516,70	1,00	1101,00
42		Briq.- 42	1234	1241	771	2,626	1155,50	531,00	1,00	1155,50
43	210 °C	Briq.- 43	1234	1240	766	2,603	1034,50	516,50	1,00	1034,50
44		Briq.- 44	1238	1243	765	2,590	1018,80	511,80	1,00	1018,80
45		Briq.- 45	1237	1241	768	2,615	997,50	514,60	1,00	997,50

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA** : 29-07-20

DIAS :

CANTERA : Chupuro

MUESTRA : 3,5%

VARIACIONES DE TEMPERATURA EN LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS
FLUJO (mm) OBTENIDO CUANDO LA TEMPERATURA VARÍA DE 70°C A 210°C

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	%VACÍOS	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO	PESO ESPECÍFICO BULK DE	% VMA	% VACIOS LLENOS CON C.A.	FLUJO
	UND.		%	kg/cm ³	kg/cm ³	%	%	mm
1	70°C	Briq.- 01	9,818	2,660	2,876	20,344	51,741	5,51
2		Briq.- 02	7,432	2,660	2,876	18,237	59,247	5,96
3		Briq.- 03	8,438	2,660	2,876	19,126	55,881	5,62
4	80°C	Briq.- 04	9,890	2,660	2,876	20,408	51,538	5,49
5		Briq.- 05	8,658	2,660	2,876	19,320	55,185	5,29
6		Briq.- 06	9,336	2,660	2,876	19,919	53,128	4,73
7	90°C	Briq.- 07	6,689	2,660	2,876	17,581	61,952	5,13
8		Briq.- 08	6,015	2,660	2,876	16,985	64,587	4,81
9		Briq.- 09	7,832	2,660	2,876	18,590	57,871	4,60
10	100°C	Briq.- 10	5,327	2,660	2,876	16,378	67,473	3,43
11		Briq.- 11	6,985	2,660	2,876	17,842	60,852	3,89
12		Briq.- 12	5,827	2,660	2,876	16,819	65,357	4,01
13	110°C	Briq.- 13	6,091	2,660	2,876	17,052	64,282	3,28
14		Briq.- 14	5,597	2,660	2,876	16,616	66,315	3,05
15		Briq.- 15	6,318	2,660	2,876	17,253	63,379	3,71
16	120°C	Briq.- 16	5,864	2,660	2,876	16,852	65,203	3,85
17		Briq.- 17	6,053	2,660	2,876	17,019	64,434	3,14
18		Briq.- 18	6,686	2,660	2,876	17,578	61,963	3,75
19	130°C	Briq.- 19	5,752	2,660	2,876	16,753	65,664	3,60
20		Briq.- 20	5,406	2,660	2,876	16,448	67,131	3,15
21		Briq.- 21	3,475	2,660	2,876	14,742	76,428	2,84
22	140°C	Briq.- 22	5,375	2,660	2,876	16,420	67,267	3,58
23		Briq.- 23	3,797	2,660	2,876	15,026	74,732	3,67
24		Briq.- 24	4,124	2,660	2,876	15,315	73,074	3,35
25	150°C	Briq.- 25	4,216	2,660	2,876	15,396	72,618	3,62
26		Briq.- 26	5,639	2,660	2,876	16,653	66,138	3,55
27		Briq.- 27	5,291	2,660	2,876	16,346	67,633	3,09
28	160°C	Briq.- 28	3,781	2,660	2,876	15,012	74,814	3,06
29		Briq.- 29	3,996	2,660	2,876	15,202	73,716	3,47
30		Briq.- 30	4,250	2,660	2,876	15,427	72,448	3,32
31	170°C	Briq.- 31	4,686	2,660	2,876	15,811	70,364	4,11
32		Briq.- 32	3,275	2,660	2,876	14,565	77,517	4,89
33		Briq.- 33	2,508	2,660	2,876	13,888	81,942	4,65
34	180°C	Briq.- 34	3,397	2,660	2,876	14,673	76,850	5,23
35		Briq.- 35	2,540	2,660	2,876	13,916	81,748	4,91
36		Briq.- 36	3,685	2,660	2,876	14,927	75,315	4,57
37	190°C	Briq.- 37	4,369	2,660	2,876	15,531	71,871	6,69
38		Briq.- 38	1,306	2,660	2,876	12,826	89,818	6,41
39		Briq.- 39	3,670	2,660	2,876	14,914	75,391	6,74
40	200°C	Briq.- 40	2,726	2,660	2,876	14,080	80,642	7,90
41		Briq.- 41	1,990	2,660	2,876	13,430	85,183	7,63
42		Briq.- 42	1,296	2,660	2,876	12,817	89,890	8,05
43	210°C	Briq.- 43	2,129	2,660	2,876	13,553	84,293	8,27
44		Briq.- 44	2,633	2,660	2,876	13,998	81,189	8,95
45		Briq.- 45	1,683	2,660	2,876	13,159	87,208	8,38

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020
PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN
CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA** : 02-08-20
DIAS : 4 días
CANTERA : CHUPURO
MUESTRA : M-005

ENSAYO DE ADHERENCIA EN BANDEJA

(MTC E 520) MUESTRA CONTROL

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	0%-25%	25%-75%	75%-100%	DÍA 4	% VACÍOS LLENOS CON C.A.
UND.			0	1	2	24 horas	%
1	90°C	Band.- 01	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
2		Band.- 02	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
3		Band.- 03	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
4	95°C	Band.- 04	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
5		Band.- 05	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
6		Band.- 06	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
7	100°C	Band.- 07	47	3	0	3%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
8		Band.- 08	48	2	0	2%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
9		Band.- 09	46	3	1	5%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
10	105°C	Band.- 10	47	3	0	3%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
11		Band.- 11	44	4	2	8%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
12		Band.- 12	44	5	1	7%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
13	110°C	Band.- 13	44	2	4	10%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
14		Band.- 14	42	3	5	13%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
15		Band.- 15	44	2	4	10%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
16	115°C	Band.- 16	42	2	6	14%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
17		Band.- 17	42	1	7	15%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
18		Band.- 18	44	0	6	12%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
19	120 °C	Band.- 19	40	2	8	18%	TRABAJABILIDAD MEDIA
20		Band.- 20	45	0	5	10%	TRABAJABILIDAD MEDIA
21		Band.- 21	45	0	5	10%	TRABAJABILIDAD MEDIA
22	125 °C	Band.- 22	34	10	6	22%	TRABAJABILIDAD MEDIA
23		Band.- 23	35	10	5	20%	TRABAJABILIDAD MEDIA
24		Band.- 24	34	10	6	22%	TRABAJABILIDAD MEDIA
25	130 °C	Band.- 25	27	15	8	31%	SIN DESMORONAMIENTO
26		Band.- 26	28	11	11	33%	SIN DESMORONAMIENTO
27		Band.- 27	28	12	10	32%	SIN DESMORONAMIENTO
28	135 °C	Band.- 28	26	13	11	35%	SIN DESMORONAMIENTO
29		Band.- 29	25	13	12	37%	SIN DESMORONAMIENTO
30		Band.- 30	28	13	9	31%	SIN DESMORONAMIENTO
31	140 °C	Band.- 31	27	11	12	35%	SIN DESMORONAMIENTO
32		Band.- 32	24	14	12	38%	SIN DESMORONAMIENTO
33		Band.- 33	27	9	14	37%	SIN DESMORONAMIENTO

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA** : 02-08-20

DÍAS : 4 días

CANTERA : CHUPURO

MUESTRA : M-005

ENSAYO DE ADHERENCIA EN BANDEJA

(MTC E 520) MUESTRA CONTROL

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	0%-25%	25%-75%	75%-100%	DÍA 4	% VACÍOS LLENOS CON C.A.
UND.			0	1	2	24 horas	%
34	145°C	Band.- 34	26	9	15	39%	SIN DESMORONAMIENTO
35		Band.- 35	25	8	17	42%	SIN DESMORONAMIENTO
36		Band.- 36	26	8	16	40%	SIN DESMORONAMIENTO
37	150°C	Band.- 37	20	16	14	44%	SIN DESMORONAMIENTO
38		Band.- 38	22	15	13	41%	SIN DESMORONAMIENTO
39		Band.- 39	24	12	14	40%	SIN DESMORONAMIENTO
40	155°C	Band.- 40	21	13	16	45%	SIN DESMORONAMIENTO
41		Band.- 41	21	14	15	44%	SIN DESMORONAMIENTO
42		Band.- 42	22	12	16	44%	SIN DESMORONAMIENTO
43	160°C	Band.- 43	19	15	16	47%	SIN DESMORONAMIENTO
44		Band.- 44	21	15	14	43%	SIN DESMORONAMIENTO
45		Band.- 45	24	7	19	45%	SIN DESMORONAMIENTO
46	165°C	Band.- 46	24	5	21	47%	SIN DESMORONAMIENTO
47		Band.- 47	28	1	21	43%	SIN DESMORONAMIENTO
48		Band.- 48	28	2	20	42%	SIN DESMORONAMIENTO
49	170°C	Band.- 49	5	29	16	61%	SIN DESMORONAMIENTO
50		Band.- 50	24	9	17	43%	SIN DESMORONAMIENTO
51		Band.- 51	22	13	15	43%	SIN DESMORONAMIENTO
52	175°C	Band.- 52	26	13	11	35%	SIN DESMORONAMIENTO
53		Band.- 53	36	6	8	22%	SIN DESMORONAMIENTO
54		Band.- 54	35	11	4	19%	SIN DESMORONAMIENTO
55	180°C	Band.- 55	34	9	7	23%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
56		Band.- 56	34	11	5	21%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
57		Band.- 57	33	8	9	26%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
58	185°C	Band.- 58	43	3	4	11%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
59		Band.- 59	41	7	2	11%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
60		Band.- 60	44	4	2	8%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
61	190°C	Band.- 61	47	2	1	4%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
62		Band.- 62	47	1	2	5%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
63		Band.- 63	48	1	1	3%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
64	195°C	Band.- 64	49	1	0	1%	ASFALTO QUEMADO
65		Band.- 65	48	2	0	2%	ASFALTO QUEMADO
66		Band.- 66	49	1	0	1%	ASFALTO QUEMADO

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA** : 06-08-20

DÍAS : 4 días

CANTERA : CHUPURO

MUESTRA : M-006

ENSAYO DE ADHERENCIA EN BANDEJA

(MTC E 520) 1% DE PORCENTAJE DE CENIZAS

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	0%-25%	25%-75%	75%-100%	DÍA 4	% VACÍOS LLENOS CON C.A.
UND.			0	1	2	24 horas	%
1	90°C	Band.- 01	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
2		Band.- 02	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
3		Band.- 03	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
4	95°C	Band.- 04	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
5		Band.- 05	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
6		Band.- 06	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
7	100°C	Band.- 07	48	2	0	2%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
8		Band.- 08	49	1	0	1%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
9		Band.- 09	47	2	1	4%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
10	105°C	Band.- 10	47	2	1	4%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
11		Band.- 11	42	5	3	11%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
12		Band.- 12	45	3	2	7%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
13	110°C	Band.- 13	43	5	2	9%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
14		Band.- 14	42	2	6	14%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
15		Band.- 15	42	4	4	12%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
16	115°C	Band.- 16	43	3	4	11%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
17		Band.- 17	39	6	5	16%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
18		Band.- 18	40	4	6	16%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
19	120 °C	Band.- 19	38	5	7	19%	TRABAJABILIDAD MEDIA
20		Band.- 20	33	8	9	26%	TRABAJABILIDAD MEDIA
21		Band.- 21	34	6	10	26%	TRABAJABILIDAD MEDIA
22	125 °C	Band.- 22	33	11	6	23%	TRABAJABILIDAD MEDIA
23		Band.- 23	31	11	8	27%	TRABAJABILIDAD MEDIA
24		Band.- 24	31	12	7	26%	TRABAJABILIDAD MEDIA
25	130 °C	Band.- 25	26	16	8	32%	SIN DESMORONAMIENTO
26		Band.- 26	27	14	9	32%	SIN DESMORONAMIENTO
27		Band.- 27	28	15	7	29%	SIN DESMORONAMIENTO
28	135 °C	Band.- 28	28	14	8	30%	SIN DESMORONAMIENTO
29		Band.- 29	25	17	8	33%	SIN DESMORONAMIENTO
30		Band.- 30	26	14	10	34%	SIN DESMORONAMIENTO
31	140 °C	Band.- 31	25	15	10	35%	SIN DESMORONAMIENTO
32		Band.- 32	23	18	9	36%	SIN DESMORONAMIENTO
33		Band.- 33	29	10	11	32%	SIN DESMORONAMIENTO

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA** : 06-08-20

DÍAS : 4 días

CANTERA : CHUPURO

MUESTRA : M-006

ENSAYO DE ADHERENCIA EN BANDEJA

(MTC E 520) 1% DE PORCENTAJE DE CENIZAS

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	0%-25%	25%-75%	75%-100%	DÍA 4	% VACÍOS LLENOS CON C.A.
UND.			0	1	2	24 horas	%
34	145°C	Band.- 34	23	13	14	41%	SIN DESMORONAMIENTO
35		Band.- 35	23	11	16	43%	SIN DESMORONAMIENTO
36		Band.- 36	25	11	14	39%	SIN DESMORONAMIENTO
37	150°C	Band.- 37	16	19	15	49%	SIN DESMORONAMIENTO
38		Band.- 38	19	19	12	43%	SIN DESMORONAMIENTO
39		Band.- 39	23	13	14	41%	SIN DESMORONAMIENTO
40	155°C	Band.- 40	21	13	16	45%	SIN DESMORONAMIENTO
41		Band.- 41	23	15	12	39%	SIN DESMORONAMIENTO
42		Band.- 42	25	14	11	36%	SIN DESMORONAMIENTO
43	160°C	Band.- 43	20	13	17	47%	SIN DESMORONAMIENTO
44		Band.- 44	24	12	14	40%	SIN DESMORONAMIENTO
45		Band.- 45	24	8	18	44%	SIN DESMORONAMIENTO
46	165°C	Band.- 46	23	10	17	44%	SIN DESMORONAMIENTO
47		Band.- 47	22	13	15	43%	SIN DESMORONAMIENTO
48		Band.- 48	19	11	20	51%	SIN DESMORONAMIENTO
49	170°C	Band.- 49	2	32	16	64%	SIN DESMORONAMIENTO
50		Band.- 50	20	12	18	48%	SIN DESMORONAMIENTO
51		Band.- 51	19	16	15	46%	SIN DESMORONAMIENTO
52	175°C	Band.- 52	27	16	7	30%	SIN DESMORONAMIENTO
53		Band.- 53	31	8	11	30%	SIN DESMORONAMIENTO
54		Band.- 54	31	12	7	26%	SIN DESMORONAMIENTO
55	180°C	Band.- 55	32	13	5	23%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
56		Band.- 56	29	16	5	26%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
57		Band.- 57	32	14	4	22%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
58	185°C	Band.- 58	32	12	6	24%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
59		Band.- 59	39	9	2	13%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
60		Band.- 60	37	6	7	20%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
61	190°C	Band.- 61	47	2	1	4%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
62		Band.- 62	48	2	0	2%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
63		Band.- 63	48	2	0	2%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
64	195°C	Band.- 64	49	0	1	2%	ASFALTO QUEMADO
65		Band.- 65	49	1	0	1%	ASFALTO QUEMADO
66		Band.- 66	49	1	0	1%	ASFALTO QUEMADO

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020
PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN
CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA** : 10-08-20
DIAS : 4 días
CANTERA : CHUPURO
MUESTRA : M-007

ENSAYO DE ADHERENCIA EN BANDEJA

(MTC E 520) 2% DE PORCENTAJE DE CENIZAS

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	0%-25%	25%-75%	75%-100%	DÍA 4	% VACÍOS LLENOS CON C.A.
UND.			0	1	2	24 horas	%
1	90°C	Band.- 01	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
2		Band.- 02	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
3		Band.- 03	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
4	95°C	Band.- 04	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
5		Band.- 05	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
6		Band.- 06	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
7	100°C	Band.- 07	47	3	0	3%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
8		Band.- 08	47	2	1	4%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
9		Band.- 09	47	1	2	5%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
10	105°C	Band.- 10	43	4	3	10%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
11		Band.- 11	45	2	3	8%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
12		Band.- 12	44	2	4	10%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
13	110°C	Band.- 13	42	1	7	15%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
14		Band.- 14	45	3	2	7%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
15		Band.- 15	45	2	3	8%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
16	115°C	Band.- 16	39	5	6	17%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
17		Band.- 17	37	8	5	18%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
18		Band.- 18	37	6	7	20%	MUY POCA TRABAJABILIDAD
19	120 °C	Band.- 19	35	8	7	22%	TRABAJABILIDAD MEDIA
20		Band.- 20	36	9	5	19%	TRABAJABILIDAD MEDIA
21		Band.- 21	31	11	8	27%	TRABAJABILIDAD MEDIA
22	125 °C	Band.- 22	31	12	7	26%	TRABAJABILIDAD MEDIA
23		Band.- 23	31	11	8	27%	TRABAJABILIDAD MEDIA
24		Band.- 24	28	14	8	30%	TRABAJABILIDAD MEDIA
25	130 °C	Band.- 25	23	18	9	36%	SIN DESMORONAMIENTO
26		Band.- 26	26	16	8	32%	SIN DESMORONAMIENTO
27		Band.- 27	27	16	7	30%	SIN DESMORONAMIENTO
28	135 °C	Band.- 28	24	16	10	36%	SIN DESMORONAMIENTO
29		Band.- 29	24	19	7	33%	SIN DESMORONAMIENTO
30		Band.- 30	23	15	12	39%	SIN DESMORONAMIENTO
31	140 °C	Band.- 31	21	17	12	41%	SIN DESMORONAMIENTO
32		Band.- 32	19	20	11	42%	SIN DESMORONAMIENTO
33		Band.- 33	27	11	12	35%	SIN DESMORONAMIENTO

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA** : 10-08-20

DÍAS : 4 días

CANTERA : CHUPURO

MUESTRA : M-007

ENSAYO DE ADHERENCIA EN BANDEJA

(MTC E 520) 2% DE PORCENTAJE DE CENIZAS

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	0%-25%	25%-75%	75%-100%	DÍA 4	% VACÍOS LLENOS CON C.A.
UND.			0	1	2	24 horas	%
34	145°C	Band.- 34	18	16	16	48%	SIN DESMORONAMIENTO
35		Band.- 35	22	11	17	45%	SIN DESMORONAMIENTO
36		Band.- 36	20	13	17	47%	SIN DESMORONAMIENTO
37	150°C	Band.- 37	14	19	17	53%	SIN DESMORONAMIENTO
38		Band.- 38	17	20	13	46%	SIN DESMORONAMIENTO
39		Band.- 39	21	13	16	45%	SIN DESMORONAMIENTO
40	155°C	Band.- 40	17	16	17	50%	SIN DESMORONAMIENTO
41		Band.- 41	21	15	14	43%	SIN DESMORONAMIENTO
42		Band.- 42	18	15	17	49%	SIN DESMORONAMIENTO
43	160°C	Band.- 43	22	14	14	42%	SIN DESMORONAMIENTO
44		Band.- 44	16	14	20	54%	SIN DESMORONAMIENTO
45		Band.- 45	25	10	15	40%	SIN DESMORONAMIENTO
46	165°C	Band.- 46	21	10	19	48%	SIN DESMORONAMIENTO
47		Band.- 47	19	15	16	47%	SIN DESMORONAMIENTO
48		Band.- 48	22	13	15	43%	SIN DESMORONAMIENTO
49	170°C	Band.- 49	23	16	11	38%	SIN DESMORONAMIENTO
50		Band.- 50	22	12	16	44%	SIN DESMORONAMIENTO
51		Band.- 51	27	13	10	33%	SIN DESMORONAMIENTO
52	175°C	Band.- 52	22	15	13	41%	SIN DESMORONAMIENTO
53		Band.- 53	23	12	15	42%	SIN DESMORONAMIENTO
54		Band.- 54	30	11	9	29%	SIN DESMORONAMIENTO
55	180°C	Band.- 55	22	13	15	43%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
56		Band.- 56	37	9	4	17%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
57		Band.- 57	35	7	8	23%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
58	185°C	Band.- 58	35	6	9	24%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
59		Band.- 59	39	5	6	17%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
60		Band.- 60	39	7	4	15%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
61	190°C	Band.- 61	44	3	3	9%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
62		Band.- 62	47	1	2	5%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
63		Band.- 63	45	3	2	7%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
64	195°C	Band.- 64	49	0	1	2%	ASFALTO QUEMADO
65		Band.- 65	49	1	0	1%	ASFALTO QUEMADO
66		Band.- 66	49	1	0	1%	ASFALTO QUEMADO

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020

PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN

CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA** : 14-08-20

DÍAS : 4 días

CANTERA : CHUPURO

MUESTRA : M-008

ENSAYO DE ADHERENCIA EN BANDEJA

(MTC E 520) 3% DE PORCENTAJE DE CENIZAS

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	0%-25%	25%-75%	75%-100%	DÍA 4	% VACÍOS LLENOS CON C.A.
UND.			0	1	2	24 horas	%
1	90°C	Band.- 01	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
2		Band.- 02	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
3		Band.- 03	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
4	95°C	Band.- 04	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
5		Band.- 05	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
6		Band.- 06	50	0	0	0%	SIN TRABAJABILIDAD PARA BANDEJA
7	100°C	Band.- 07	48	2	0	2%	MUY Poca TRABAJABILIDAD
8		Band.- 08	46	3	1	5%	MUY Poca TRABAJABILIDAD
9		Band.- 09	46	1	3	7%	MUY Poca TRABAJABILIDAD
10	105°C	Band.- 10	48	2	0	2%	MUY Poca TRABAJABILIDAD
11		Band.- 11	45	4	1	6%	MUY Poca TRABAJABILIDAD
12		Band.- 12	45	3	2	7%	MUY Poca TRABAJABILIDAD
13	110°C	Band.- 13	42	6	2	10%	MUY Poca TRABAJABILIDAD
14		Band.- 14	44	3	3	9%	MUY Poca TRABAJABILIDAD
15		Band.- 15	43	2	5	12%	MUY Poca TRABAJABILIDAD
16	115°C	Band.- 16	40	4	6	16%	MUY Poca TRABAJABILIDAD
17		Band.- 17	39	6	5	16%	MUY Poca TRABAJABILIDAD
18		Band.- 18	42	1	7	15%	MUY Poca TRABAJABILIDAD
19	120 °C	Band.- 19	34	5	11	27%	TRABAJABILIDAD MEDIA
20		Band.- 20	35	6	9	24%	TRABAJABILIDAD MEDIA
21		Band.- 21	37	3	10	23%	TRABAJABILIDAD MEDIA
22	125 °C	Band.- 22	32	8	10	28%	TRABAJABILIDAD MEDIA
23		Band.- 23	28	10	12	34%	TRABAJABILIDAD MEDIA
24		Band.- 24	30	11	9	29%	TRABAJABILIDAD MEDIA
25	130 °C	Band.- 25	21	16	13	42%	SIN DESMORONAMIENTO
26		Band.- 26	23	12	15	42%	SIN DESMORONAMIENTO
27		Band.- 27	25	14	11	36%	SIN DESMORONAMIENTO
28	135 °C	Band.- 28	20	16	14	44%	SIN DESMORONAMIENTO
29		Band.- 29	19	15	16	47%	SIN DESMORONAMIENTO
30		Band.- 30	25	13	12	37%	SIN DESMORONAMIENTO
31	140 °C	Band.- 31	23	13	14	41%	SIN DESMORONAMIENTO
32		Band.- 32	21	15	14	43%	SIN DESMORONAMIENTO
33		Band.- 33	24	11	15	41%	SIN DESMORONAMIENTO

LABORATORIO DE MEZCLAS ASFÁLICAS

TEMA : ACEITE DE PALMA PARA LA CONSERVACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EXPUESTOS A TRANSPORTES PROLONGADOS EN CLIMAS FRÍOS, HUANCAYO 2020
PROVINCIA : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN
CLIENTE : Wernher Greenwekn Kevynn Ortega De La Vega **FECHA** : 14-08-20
DIAS : 4 días
CANTERA : CHUPURO
MUESTRA : M-008

ENSAYO DE ADHERENCIA EN BANDEJA

(MTC E 520) 3% DE PORCENTAJE DE CENIZAS

ITEM	TEMPERATURA	MUESTRA	0%-25%	25%-75%	75%-100%	DÍA 4	% VACÍOS LLENOS CON C.A.
UND.			0	1	2	24 horas	%
34	145°C	Band.- 34	23	11	16	43%	SIN DESMORONAMIENTO
35		Band.- 35	26	12	12	36%	SIN DESMORONAMIENTO
36		Band.- 36	25	10	15	40%	SIN DESMORONAMIENTO
37	150°C	Band.- 37	25	11	14	39%	SIN DESMORONAMIENTO
38		Band.- 38	23	16	11	38%	SIN DESMORONAMIENTO
39		Band.- 39	21	13	16	45%	SIN DESMORONAMIENTO
40	155°C	Band.- 40	19	14	17	48%	SIN DESMORONAMIENTO
41		Band.- 41	17	15	18	51%	SIN DESMORONAMIENTO
42		Band.- 42	18	14	18	50%	SIN DESMORONAMIENTO
43	160°C	Band.- 43	19	16	15	46%	SIN DESMORONAMIENTO
44		Band.- 44	20	16	14	44%	SIN DESMORONAMIENTO
45		Band.- 45	22	10	18	46%	SIN DESMORONAMIENTO
46	165°C	Band.- 46	23	7	20	47%	SIN DESMORONAMIENTO
47		Band.- 47	20	9	21	51%	SIN DESMORONAMIENTO
48		Band.- 48	25	8	17	42%	SIN DESMORONAMIENTO
49	170°C	Band.- 49	21	13	16	45%	SIN DESMORONAMIENTO
50		Band.- 50	20	12	18	48%	SIN DESMORONAMIENTO
51		Band.- 51	22	14	14	42%	SIN DESMORONAMIENTO
52	175°C	Band.- 52	23	13	14	41%	SIN DESMORONAMIENTO
53		Band.- 53	30	9	11	31%	SIN DESMORONAMIENTO
54		Band.- 54	25	13	12	37%	SIN DESMORONAMIENTO
55	180°C	Band.- 55	27	13	10	33%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
56		Band.- 56	24	16	10	36%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
57		Band.- 57	29	12	9	30%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
58	185°C	Band.- 58	41	5	4	13%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
59		Band.- 59	42	6	2	10%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
60		Band.- 60	39	8	3	14%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
61	190°C	Band.- 61	47	2	1	4%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
62		Band.- 62	48	0	2	4%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
63		Band.- 63	47	2	1	4%	ASFALTO DESPRENDE HUMO
64	195°C	Band.- 64	49	0	1	2%	ASFALTO QUEMADO
65		Band.- 65	49	1	0	1%	ASFALTO QUEMADO
66		Band.- 66	50	0	0	0%	ASFALTO QUEMADO

ANEXO 3. Características y Especificaciones del Ligante Asfáltico

Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.



ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PETROPERÚ

CLASE DE PRODUCTO		ASFALTO SÓLIDO		<i>Fecha efectiva:</i> Enero 2019	
TIPO DE PRODUCTO		CEMENTO ASFÁLTICO		<i>Reemplaza edición de:</i> Enero 2014	
NOMBRE DE PRODUCTO					
ASFALTO SÓLIDO 85/100 PEN					
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO		
	MÍN.	MÁX.	ASTM	AASHTO	
PENETRACION, a 25°C, 100 g, 5 s, 0.1mm	85	100	D-5	T-49	
VOLATILIDAD					
Gravedad específica a 15.6/15.6°C	Reportar		D-70	T-228	
Punto de inflamación, Cleveland, copa abierta, °C	232		D-92	T-48	
DUCTILIDAD a 25°C, 5 cm/min, cm	100		D-113	T-51	
SOLUBILIDAD, % masa	99.0		D-2042, D-7553	T-44	
SUSCEPTIBILIDAD TÉRMICA					
Prueba de calentamiento sobre película fina, 3.2 mm, 163°C, 5 horas:			D-1754	T-179	
Pérdida por calentamiento, % masa		1.0			
Penetración retenida, % del original	47+		D-5	T-49	
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	75		D-113	T-51	
Índice de susceptibilidad térmica	-1.0	+1.0		Francés RLB	
FLUIDEZ					
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	Reportar		D-2170	T-201	
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	170		D-2170	T-201	
REQUERIMIENTO GENERAL:			El cemento asfáltico deberá ser homogéneo, libre de agua, y no deberá formar espuma al ser calentado a 175°C.		
OBSERVACIONES:					
(a) En concordancia con a Norma Técnica Peruana NTP 321.051 y con los estándares ASTM D 946 y AASHTO M-20.					

ANEXO 4. Matriz de consistencia

TITULO. “Aceite de palma para la conservación de las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente expuesta a transportes prolongados en climas fríos, Huancayo 2020”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	DISEÑO METODOLÓGICO
<p>PROBLEMA GENERAL: ¿Cuál es la influencia de la adición del aceite de palma en las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica en caliente expuesto a un descenso en su temperatura producto de transportes prolongados en climas fríos, Huancayo 2020?</p>	<p>OBJETIVO GENERAL: Determinar cuál es la influencia de la adición del aceite de palma en las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica en caliente expuesto a un descenso en su temperatura producto de transportes prolongados en climas fríos, Huancayo 2020.</p>	<p>HIPÓTESIS GENERAL La influencia de la adición del aceite de palma conserva favorablemente las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica en caliente expuesto a un descenso en su temperatura producto de transportes prolongados en climas fríos, Huancayo 2020.</p>	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Aceite de Palma.</p>	<p>Dimensión 1: Aceite Vegetal al 1.00%</p> <p>Dimensión 2: Aceite Vegetal al 2.00%</p> <p>Dimensión 3: Aceite Vegetal al 3.00%</p>	<p>Indicador 1. - Ensayo de Muestreo MTC E 201.</p> <p>Indicador 2. - Ensayo de la metodología Marshall MTC E 504</p> <p>Indicador 3. - Adherencia en bandeja MTC E 520</p> <p>Indicador 1. - Ensayo de Muestreo MTC E 201.</p> <p>Indicador 2. - Ensayo de la metodología Marshall MTC E 504</p> <p>Indicador 3. - Adherencia en bandeja MTC E 520</p> <p>Indicador 1. - Ensayo de Muestreo MTC E 201.</p> <p>Indicador 2. - Ensayo de la metodología Marshall MTC E 504</p> <p>Indicador 3. - Adherencia en bandeja MTC E 520</p>	<p>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN Experimental: Método que fundamenta la investigación en el método científico.</p> <p>NIVEL Correlacional: Investigación de nivel correlacional que pretende medir el grado de relación entre las variables.</p> <p>POBLACIÓN Y MUESTRA POBLACIÓN Red de pavimento asfáltico en la región de Huancayo.</p> <p>MUESTRA Briquetas (360) bajo las mismas circunstancias de diseño.</p> <p>INSTRUMENTOS - Fichas de recolección de datos. -Softwares SPSS, Excel.</p> <p>RECOLECCIÓN DE MUESTRAS Control (45) Modificada (315) Adherencia (264)</p> <p>EQUIPOS -Equipo completo Marshall. -Bandejas para adherencia. -Balanzas de 0.1. -Prensa de Marshall -Diales.</p>
<p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS ¿Qué características presenta la mezcla asfáltica en caliente patrón en relación con sus propiedades mecánicas y físicas en función a la variación de temperatura a condiciones naturales, Huancayo 2020?</p>	<p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS: Elaborar la caracterización de la mezcla asfáltica en caliente patrón en relación con sus propiedades mecánicas y físicas en función a la variación de temperatura a condiciones naturales, Huancayo 2020.</p>	<p>HIPÓTESIS ESPECIFICA La caracterización que presenta el diseño de mezcla patrón en relación con sus propiedades mecánicas y físicas cumplen los requerimientos mínimos según la normativa a condiciones naturales de elaboración, Huancayo 2020.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>Propiedades Mecánicas</p>	<p>Dimensión 1: Estabilidad</p> <p>Dimensión 2: Flujo</p> <p>Dimensión 3: Adherencia</p>	<p>Indicador 1. - Ensayo de granulometría MTC E 204</p> <p>Indicador 2. - Diseño Marshall por G. MAC</p> <p>Indicador 3. - Ensayo de la metodología Marshall MTC E 504</p> <p>Indicador 1. - Ensayo de granulometría MTC E 204</p> <p>Indicador 2. - Diseño Marshall por G. MAC</p> <p>Indicador 3. - Ensayo de la metodología Marshall MTC E 504</p> <p>Indicador 1. - Ensayo de Muestreo MTC E 201.</p> <p>Indicador 2. - Adherencia MTC E 515</p> <p>Indicador 3. - Adherencia en bandeja MTC E 520</p>	<p>RECOLECCIÓN DE MUESTRAS Control (45) Modificada (315) Adherencia (264)</p> <p>EQUIPOS -Equipo completo Marshall. -Bandejas para adherencia. -Balanzas de 0.1. -Prensa de Marshall -Diales.</p>
<p>¿Qué características presenta la mezcla asfáltica en caliente con adición de aceite de palma en relación con sus propiedades mecánicas y físicas en función a la variación de temperatura a condiciones naturales, Huancayo 2020?</p> <p>¿Cuál será el porcentaje óptimo de adición de aceite de palma para la conservación de las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica en caliente en función a la variación de temperatura a condiciones naturales, Huancayo 2020?</p>	<p>Conocer la caracterización de la mezcla asfáltica en caliente con adición de aceite de palma en relación con sus propiedades mecánicas y físicas en función a la variación de temperatura a condiciones naturales, Huancayo 2020.</p> <p>Determinar el porcentaje óptimo de adición de aceite de palma para la conservación de las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica en caliente en función a la variación de temperatura a condiciones naturales, Huancayo 2020.</p>	<p>La caracterización que presenta el diseño de mezcla asfáltica en caliente con adición de aceite de palma en relación con sus propiedades mecánicas y físicas cumplen con los requerimientos mínimos según la normativa en función a la variación de temperatura a condiciones naturales, Huancayo 2020.</p> <p>El porcentaje óptimo de adición de aceite de palma para la conservación de las propiedades mecánicas y físicas de la mezcla asfáltica en caliente se encuentra dentro del rango inferior al 10% en función a la variación de temperatura a condiciones naturales, Huancayo 2020.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>Propiedades Físicas</p>	<p>Dimensión 1: Estabilidad</p> <p>Dimensión 2: Flujo</p> <p>Dimensión 3: Adherencia</p>	<p>Indicador 1. - Ensayo de granulometría MTC E 204</p> <p>Indicador 2. - Diseño Marshall por G. MAC</p> <p>Indicador 3. - Ensayo de la metodología Marshall MTC E 504</p> <p>Indicador 1. - Ensayo de granulometría MTC E 204</p> <p>Indicador 2. - Diseño Marshall por G. MAC</p> <p>Indicador 3. - Ensayo de la metodología Marshall MTC E 504</p> <p>Indicador 1. - Ensayo de Muestreo MTC E 201.</p> <p>Indicador 2. - Adherencia MTC E 515</p> <p>Indicador 3. - Adherencia en bandeja MTC E 520</p>	<p>RECOLECCIÓN DE MUESTRAS Control (45) Modificada (315) Adherencia (264)</p> <p>EQUIPOS -Equipo completo Marshall. -Bandejas para adherencia. -Balanzas de 0.1. -Prensa de Marshall -Diales.</p>

