



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

# **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Mitigación del Ahuellamiento, usando el método Marshall y granulometría SUPERPAVE en la carpeta asfáltica, del tramo: La Oroya – Jauja, 2018”

## **TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL**

### **AUTOR:**

Darwin Grabiél Castillo Neyra

### **ASESOR:**

Mg. Ing. Carlos Alberto Villegas Martínez

### **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2018



**ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS**

Código : F06-PP-PR-02.02  
Versión : 09  
Fecha : 23-03-2018  
Página : 1 de 2

El **Jurado** encargado de evaluar la tesis presentada por don (ña)

Darwin Grabiél Castillo Neyra

cuyo título es:

"Mitigación del Ahuellamiento, usando el método Marshall y granulometría SUPERPAVE en la carpeta asfáltica, del tramo: La Oroya – Jauja, 2018"

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el estudiante, otorgándole el calificativo de:

15 (número) QUINCE (letras).

Lugar y fecha... LIMA 04 - DIC - 18

PRESIDENTE

Mg. Ing. Raúl Antonio Pinto Barrantes

SECRETARIO

Mg. Ing. Felimon Córdova Salcedo

VOCAL

Mg. Ing. Carlos Alberto Villegas Martínez

**NOTA:** En el caso de que haya nuevas observaciones en el informe, el estudiante debe levantar las observaciones para dar el pase a Resolución.

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

## **DEDICATORIA**

A mi esposa Yarcely e hija Génesis, a mis  
padres Delia y Guzmán por su apoyo  
incondicional que me han brindado para  
salir adelante en cada momento de mi  
vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Dar gracias a Dios, a mi familia y a la empresa Construcciones DELHEAL S.A.C. por su apoyo constante a lo largo de este proyecto.

Al ingeniero, **Carlos Villegas**, por su enseñanza y apoyo brindado en este trabajo.

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Yo, Castillo Neyra Darwin Grabiél con DNI N°45527714, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico profesional de Ingeniera Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se muestra en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento y omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

**Lima, 04 Diciembre de 2018**

---

**Castillo Neyra Darwin Grabiél**

## ÍNDICE

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD	V
RESUMEN	XIII
ABSTRACT	XIV
I. INTRODUCCIÓN	15
1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA:	16
1.2. TRABAJOS PREVIOS	17
1.3. TEORIAS RELACIONADAS CON EL TEMA	20
1.3.1 CARPETA ASFÁLTICA	20
1.3.2 MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE	20
1.3.3 METODO MARSHALL	20
1.3.4 METODOLOGÍA SUPERPAVE	21
1.3.4.1 REQUISITOS DEL MÉTODO SUPERPAVE	21
1.3.4.1.1. GRANULOMETRÍA SUPERPAVE	23
1.3.4.1.2 MECANISMOS DE CONTROL DE LA GRANULOMETRÍA	23
1.3.5 CEMENTO ASFÁLTICO	24
1.3.6 AHUELLAMIENTO	25
1.3.6.1 CAUSAS DEL AHUELLAMIENTO	25
1.4. FORMULACION DEL PROBLEMA	25
1.4.1 PROBLEMA GENERAL	25
1.4.1 PROBLEMAS ESPECÍFICOS	26
1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO	26
1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	26
1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	27
1.5.3 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	27
1.6. HIPÓTESIS:	27
1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL	27
1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	28
1.7. OBJETIVOS	28
1.7.1 OBJETIVOS GENERALES	28
1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	28
II. METODO	29
2.1 FASES DEL PROCESO DE INVESTIGACION	30
2.1.1 ENFOQUE	30

2.1.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN	30
2.1.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN	30
2.1.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	31
2.2.-VARIABLES	31
2.2.2. MEZCLA ASFÁLTICA CON GRANULOMETRÍA SUPERPAVE.	31
2.2.2. AHUELLAMIENTO	31
2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE	32
2.4 POBLACIÓN Y MUESTRA	33
2.4.1 POBLACIÓN	33
2.4.2 MUESTRA:	33
2.5. TÉCNICA (S) E INSTRUMENTO (S) DE RECOLECCIÓN DE DATOS	33
2.6 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS:	34
2.6.1 VALIDEZ:	34
2.6.2 CONFIABILIDAD:	35
2.7 ASPECTOS ÉTICOS:	35
III. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	36
3.1. UBICACIÓN	37
3.2. ÁREA DE INTERVENCIÓN	37
3.3. PLAN EXPERIMENTAL.	42
3.4. ENSAYOS A LOS AGREGADOS	44
3.4.1 GRANULOMETRÍA	44
3.4.2. PROCEDIMIENTO	44
3.4.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS DE LOS AGREGADOS GRUESOS, FINOS y FILLER.	45
3.4.4 OTROS ENSAYOS	47
3.4.4.1. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS PÉTREOS	48
3.5. PROCEDIMIENTO PARA LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS CON GRANULOMETRÍA SUPERPAVE	52
3.6. COMPROBACIÓN GRANULOMÉTRICA	55
3.7. PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR LA DOSIFICACIÓN DE AGREGADOS Y ASFALTO PARA LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS CON EL MÉTODO MARSHALL Y GRANULOMETRÍA SUPERPAVE.	62
3.7.1. PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LA BRIQUETAS DE DISEÑO MARSHALL Y MEZCLA PARA MÁXIMA DENSIDAD TEÓRICA	66
3.7.2. DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO BULK DE LAS BRIQUETAS DE DISEÑO MARSHALL	71
3.7.2. DETERMINACIÓN DE ESTABILIDAD Y FLUJO DE LAS BRIQUETAS DE DISEÑO MARSHALL	72

3.7.3. PROCESOS DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO MARSHALL	75
3.7.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL DISEÑO MARSHALL CON GRANULOMETRÍA SUPERPAVE	82
3.9. PROCESO CONSTRUCTIVO DE COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PRODUCIDA CON EL MÉTODO MARSHALL Y GRANULOMETRÍA SUPERPAVE	86
3.10. CONTROL Y EVALUACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE COLOCADA Y PRODUCIDA CON EL MÉTODO MARSHALL Y GRANULOMETRÍA SUPERPAVE	92
3.10.1. RESULTADOS DEL ENSAYO DE EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS Y ANÁLISIS MECÁNICO DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS DE LAS MEZCLAS	92
3.10.2. RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHALL PRODUCCIÓN	94
3.10.3. RESULTADOS DEL ENSAYO LOTTMAN (NORMA ASTM D 4867)	95
3.10.4. RESULTADO DEL ENSAYO DE LA RUEDA DE HAMBURGO PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA AL AHUELLAMIENTO	100
IV. DISCUSIÓN	110
V. CONCLUSIONES	113
VI. RECOMENDACIONES	118
REFERENCIAS	119
ANEXOS	124

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Superpave gyratory compactor (courtesy of Pine Equipment Company).	22
<i>Figura 2.</i> Esquema de Representación de los Requisitos de gradación en el Diseño Superpave.	23
<i>Figura 3.</i> Zona de Ubicación del proyecto	37
<i>Figura 4.</i> Evaluación del pavimento en el Área de intervención	38
<i>Figura 5.</i> Extracción e identificación de un testigo de asfalto	39
<i>Figura 6.</i> Trabajos de fresado en el pavimento deteriorado	42
<i>Figura 7.</i> Representación granulométrica de la combinación teórica de agregados con huso granulométrico D-5 (MAC-2) norma ASTM D 3515.	54
<i>Figura 8.</i> Representación de la combinación granulométrica SUPERPAVE para agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm (combinación teórica) norma ASTM D 3515.	55
<i>Figura 9.</i> Pesaje de agregados para combinación física-Diseño Método Marshall.	56
<i>Figura 10.</i> Mezcla total de agregados (combinación física)-Diseño Método Marshall	57
<i>Figura 11.</i> Representación granulométrica de la combinación física de agregados con huso granulométrico D-5 (MAC-2) norma ASTM D 3515.	59
<i>Figura 12.</i> Representación de cómo se grafican las abscisas	60
<i>Figura 13.</i> Representación de la combinación granulométrica SUPERPAVE para agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm (combinación física)	61
<i>Figura 14.</i> Agregados pétreos -Diseño Método Marshall	66
<i>Figura 15.</i> Calentamiento de agregados y asfalto para la elaboración de las briquetas-Diseño Método Marshall	67
<i>Figura 16.</i> Peso de agregados para la elaboración de las briquetas-Diseño Método Marshall	68
<i>Figura 17.</i> Peso de cemento asfáltico para el porcentaje deseado-Diseño Método Marshall	68
<i>Figura 18.</i> Compactación de Mezcla Asfáltica en Caliente con el martillo sobre el pedestal de compactación-Diseño Método Marshall.	69
<i>Figura 19.</i> Muestras de mezcla para ensayo de Máxima Densidad Teórica (RICE) por cada porcentaje de cemento asfáltico Diseño Método Marshall	70
<i>Figura 20.</i> Briquetas en Baño maría a 60 ° C - Diseño Método Marshall	72
<i>Figura 21.</i> Briqueta y mordazas acondicionadas en la Prensa Marshall para el ensayo de Estabilidad y fluencia – Diseño Método Marshall	73
<i>Figura 22.</i> Ensayo de Estabilidad y fluencia en el equipo Prensa Marshall – Diseño Método Marshall	74
<i>Figura 23.</i> Gráfica de Máxima Densidad Teórica V.S. Cemento Asfáltico (%)	78

<i>Figura 24.</i> Gráfico de Porcentaje de Asfalto vs Estabilidad	82
<i>Figura 25.</i> Gráfico de Porcentaje de Asfalto vs Flujo	83
<i>Figura 26.</i> Gráfico de Porcentaje de Asfalto vs Porcentaje de vacíos	83
<i>Figura 27.</i> Gráfico de Porcentaje de Asfalto vs Peso Específico Bulk	83
<i>Figura 28.</i> Gráfico de Porcentaje de Asfalto vs V.M.A.	84
<i>Figura 29.</i> Gráfico de Porcentaje de Asfalto vs Porcentaje de Vacíos llenos con C. Asfáltico	84
<i>Figura 30.</i> Planta de Asfalto Continúa ubicada en el km 18+700 LD	87
<i>Figura 31.</i> Control y Muestreo de Mezcla Asfáltica en Caliente para ensayos en el laboratorio	89
<i>Figura 32.</i> Pavimentadora colocando Mezcla Asfáltica en Caliente	89
<i>Figura 33.</i> Granulometría SUPERPAVE obtenida de la Mezcla Asfáltica en Caliente colocada en pista	94
<i>Figura 34.</i> Formato de Ensayo Lottman	98
<i>Figura 35.</i> Testigos de Asfalto-Grupo Húmedo Después del Ensayo Lottman	99
<i>Figura 36.</i> Agregados para elaboración de testigos de asfalto	100
<i>Figura 37.</i> Agregados secando en el horno para elaboración de testigos de asfalto	101
<i>Figura 38.</i> Aditivado del cemento asfáltico Pen 85/100 con 0,07 % de aditivo zycotherm	101
<i>Figura 39.</i> Dosificación de agregados con cemento asfáltico Pen 85/100 aditivado	102
<i>Figura 40.</i> Calentamiento de la Mezcla de agregados con el cemento asfáltico	103
<i>Figura 41.</i> Mezcla Asfáltica en Caliente en horno para curado por 4 horas	103
<i>Figura 42.</i> Equipo Compactador Giratorio Superpave (SGC)	104
<i>Figura 43.</i> Testigos de Asfalto acondicionados en moldes de 150 mm de diámetro y 60 mm espesor	105
<i>Figura 44.</i> Testigos de Asfalto acondicionados para el ensayo en la Rueda de Hamburgo	106
<i>Figura 45.</i> Equipo de Rueda Hamburgo en funcionamiento realizando el ensayo	106
<i>Figura 46.</i> Testigos de asfalto fallados después del ensayo de la Rueda de Hamburgo	107
<i>Figura 47.</i> Resultado del ensayo de la Rueda de Hamburgo	108
<i>Figura 48.</i> Testigos de Asfalto después del ensayo de la Rueda de Hamburgo	109

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Nivel de Diseño de mezclas SUPERPAVE según el tránsito.	22
Tabla 2. Graduación de tamaño nominal máximo de 19 mm.	24
Tabla 3. Graduación de tamaño nominal máximo de 25 mm.	24
Tabla 4. Resultado de ensayos realizados al Testigo N° 1 km 45+820 C. Izq.	41
Tabla 5. Especificaciones del aditivo Zycotherm	43
Tabla 6. Resumen general propiedades físico-mecánicas de la mezcla de agregado grueso-Grava Triturada TM ¾" para asfalto - Cantera Carapongo	45
Tabla 7. Resumen general propiedades físico-mecánicas de la mezcla de agregado grueso-Gravilla Triturada TM ½" para asfalto - Cantera Carapongo	45
Tabla 8. Resumen general propiedades físico-mecánicas del agregado fino-Arena chancada para asfalto - Cantera Carapongo	46
Tabla 9. Resumen general propiedades físico-mecánicas del agregado fino-Arena chancada para asfalto - Cantera Excalibur	46
Tabla 10. Resumen general propiedades físico-mecánicas de filler-Cal hidratada	46
Tabla 11. Requerimientos de los agregados gruesos	48
Tabla 12. Requerimientos de los agregados finos	50
Tabla 13. Graduación de tamaño nominal máximo de 12,5 mm	52 – 53
Tabla 14. Porcentaje por agregados para la combinación granulométrica	53
Tabla 15. Resultados de la Combinación Teórica de Agregados para Mezcla Asfáltica en Caliente	54
Tabla 16. Resultado de la Graduación SUPERPAVE para Agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm (combinación teórica)	55
Tabla 17. Resultados de la Combinación física de Agregados para Mezcla Asfáltica en Caliente	58
Tabla 18. Resultado de la Graduación SUPERPAVE para Agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm (combinación física)	60
Tabla 19 (a). Resultados de cálculo para la dosificación de agregado y contenido de cemento asfáltico para la elaboración de briquetas.	62
Tabla 19 (b). Resultados de cálculo para la dosificación de agregado y contenido de cemento asfáltico para la elaboración de briquetas	62 – 63
Tabla 20 (a). Resultados de cálculo para la dosificación de agregado y contenido de cemento asfáltico para la elaboración de mezcla para determinar la Máxima Densidad Teórica (RICE).	65
Tabla 20 (b). Resultados de cálculo para la dosificación de agregado y contenido de cemento asfáltico para la elaboración de mezcla para determinar la Máxima Densidad Teórica (RICE).	65 – 66
Tabla 21. Factor de Corrección de Estabilidad	74 – 75

Tabla 22. Resultados de la hoja de cálculo para briquetas de asfalto con contenido de cemento asfáltico 4,5% - Diseño Marshall	75 – 76
Tabla 23. Resultados de ensayos de Densidad Máxima Teórica (RICE) obtenidos de acuerdo a los porcentajes de contenido de cemento asfáltico (C.A.)-Diseño Marshall	77
Tabla 24. Resultados del diseño Marshall	82
Tabla 25. Resultados de los valores máximos de los gráficos obtenidos de acuerdo al óptimo contenido de cemento asfáltico (C.A.) - Diseño Marshall	85
Tabla 26. Requisitos de la Mezcla Asfáltica en Caliente	85
Tabla 27. Valores de Diseño para producción de Mezcla Asfáltica en Caliente con granulometría SUPERPAVE	86
Tabla 28. Valores de Diseño corregidos para producción de Mezcla Asfáltica en Caliente con granulometría SUPERPAVE	87
Tabla 29. Control de Temperatura y Compactación en pista	91
Tabla 30. Resultados del lavado asfáltico	92
Tabla 31. Resultados del ensayo granulométrico	93
Tabla 32. Resultados del ensayo Marshall Producción	95
Tabla 33. Resultados del ensayo Lottman	98
Tabla 34. Resultados del ensayo Inmersión-Compresión	99
Tabla 35. Dosificación de agregados para un testigo de asfalto	102
Tabla 36. Resultados del Porcentaje de vacíos de los testigos de asfalto para ensayo en la rueda de Hamburgo	105
Tabla 37. Resultados del ensayo de La Rueda de Hamburgo	107

## RESUMEN

En los últimos años el mantenimiento y construcción de carreteras en el país, está siendo considerado como una prioridad y que amerita una atención inmediata, es por ello que a través del Ministerio de Transportes y Comunicaciones; se ha impulsado una política de inversión para la Construcción de Obras Viales a lo largo y ancho del territorio, por lo cual se ha invertido S/. 14 640 millones, que comprende tanto inversión pública como cofinanciamiento en concesiones, ejecutando así más de 17 411 kilómetros de carreteras pavimentadas en el país, cifra que representa el 75,5% de la red vial nacional según data en su últimos reportes de logros.

Frente a esta realidad, estamos obligados a mejorar el desempeño y la tecnología de los pavimentos asfálticos para asegurar su vida útil en el tiempo. El presente trabajo de investigación de tipo aplicada consiste en mitigar el ahuellamiento o la deformación permanente en la carpeta asfáltica del pavimento en la carretera central, específicamente en el km 45+800 al km 46+000 carril izquierdo del tramo la Oroya - Jauja en el presente año 2018, mediante la elaboración de un diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente (M.A.C.) con el método Marshall que emplea una combinación de agregados con una granulometría SUPERPAVE para agregado de tamaño máximo nominal 12,5 mm, cuya característica es que está compuesta por un mayor porcentaje de agregado grueso que fino, además no infringe la zona restringida y cumple con los puntos de control exigidos por los parámetros de la granulometría según la metodología SUPERPAVE (Superior PERforming Asphalt PAVements) y ofrece un mejor performance a la M.A.C. para resistir el ahuellamiento.

Finalmente, el aporte principal de esta investigación recae en evaluar el desempeño de la Mezcla Asfáltica en Caliente a la deformación permanente (ahuellamiento) y a la susceptibilidad al daño por humedad inducida, para ello se elaboró dos testigos de asfalto con granulometría SUPERPAVE, los cuales fueron compactados con un compactador giratorio y sometidos a la prueba de carga en la rueda de Hamburgo según norma AASHTO T 324, donde se logró evidenciar que la M.A.C. con granulometría SUPERPAVE ofrece un buen performance físico mecánico para resistir al ahuellamiento, prolongando de esta manera la vida útil de la carpeta asfáltica.

Palabras claves: Ahuellamiento o deformación permanente, Mezcla Asfáltica en Caliente, Carpeta Asfáltica, método Marshall, Granulometría SUPERPAVE.

## ABSTRACT

In recent years, the maintenance and construction of roads in the country has remained a priority and immediate attention has been applied, which is why through the Ministry of Transport and Communications; An investment policy has been promoted for the construction of road works throughout the length and breadth of the territory, for which S /. 14 640 million, which includes both public investment and co-financing in concessions, the execution of more than 17 411 kilometers of paved roads in the country, a figure that represents 75.5% of the national road network according to data in its latest reports of achievements.

Faced with this reality, we are obliged to improve the performance and technology of the pavements to ensure their useful life over time. The present applied research work consists of mitigating rutting or permanent deformation in the asphalt pavement of the pavement in the central road, at km 45 + 800 to km 46 + 000 left lane of the La Oroya - Jauja stretch in the present year 2018, through the development of a Hot Asphalt Mix (MAC) design with the Marshall method that uses a combination of aggregates with a SUPERPAVE granulometry for aggregate of nominal maximum size 12.5 mm, whose characteristic is that which is composed of a greater percentage of coarse aggregate than fine, in addition to not violating the restricted area and comply with the control points required for the parameters of the granulometry according to the same SUPERPAVE (SUPERIOR PERFORMANCE OF ASPHALT SURFACES) and offers a better performance to the MAC to resist the rutting.

Finally, the main report of this investigation was evaluated the performance of the Hot Asphalt Mix to the permanent deformation and the susceptibility to the humidity damage induced, for this the asphalt witnesses with SUPERPAVE granulometry were elaborated, which AASHTO T 324, where It is evident that the MAC with SUPERPAVE granulometry offers a good physical and mechanical performance to resist rutting, thus prolonging the useful life of the asphalt binder.

Keywords: Permanent warping or deformation, Hot Asphalt Mix, Asphaltic Folder, Marshall Method, SUPERPAVE particle size.

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **1.1 REALIDAD PROBLEMÁTICA:**

En la actualidad el mantenimiento y construcción de carreteras y autopistas de primer orden, está siendo considerado como una prioridad y que amerita la atención inmediata por parte del estado peruano, es por ello que a través del Ministerio de Transportes y Comunicaciones; se ha empezado a fomentar una política de inversión para la Construcción de Obras Viales a lo largo y ancho del territorio, por lo cual se ha invertido S/. 14 640 millones, que comprende tanto inversión pública como cofinanciamiento en concesiones, ejecutando así más de 17 411 kilómetros de carreteras pavimentadas en el país, cifra que representa el 75,5% de la red vial nacional según data en su últimos reportes de logros.

El mantenimiento y la construcción de carreteras en el Perú implica todo un reto para la ingeniería debido a la diversa geografía y variedad de climas que presenta, es por ello que es de suma importancia realizar los estudios técnicos, geológicos y climatológicos para tener conocimiento de la complejidad de los lugares donde se desarrollan los proyectos de infraestructura vial y así poder mitigar las fallas futuras del pavimento.

En la actualidad los pavimentos asfálticos en el país han sufrido fallas típicas y predominantes siendo el agrietamiento, las fisuras y el ahuellamiento también llamado deformación permanente por los factores climatológicos que se imponen. Para dar respaldo a lo que índico es preciso citar a:

HUAMAN (2016) menciona que:

*El clima en algunas zonas del país y otras causas afines conlleva a que se presenten deterioros prematuros en el pavimento siendo una causa de ello la falla de deformación permanente, la cual consiste en irregularidades en el perfil longitudinal y transversal del pavimento, esta falla no solamente se presenta en la capa de rodadura sino también puede darse en las distintas capas que conforman el pavimento y muchas veces comprometiendo la subrasante, por tanto muchas veces la falla de deformación permanente puede ser de tipo funcional o estructural.*

Actualmente la carpeta asfáltica (capa de rodadura) de la Carretera Central o también llamada IIRSA CENTRO, en el tramo: La Oroya – Jauja, durante el tiempo de servicio que tiene ha perdido cierto desempeño estructural por lo que la falla por deformación permanente o ahuellamiento (rutting) se ve reflejada en gran parte de la vía esto a causa de los esfuerzos de flexión, compresión, tracción, cortante y otras que ejercen los vehículos pesados con cargas no controladas que inciden a diario repetitivamente sobre el pavimento ocasionándole fuertes deformaciones en su estructura; por otro lado su repentino deterioro también se debe a que está expuesta a cambios bruscos de temperatura por la gradiente

térmica de la zona donde se ha registrado temperaturas debajo de los  $-5^{\circ}\text{C}$  en tiempo de lluvia y en época de verano la temperatura asciende hasta los  $30^{\circ}\text{C}$  haciendo que el pavimento sea más susceptible al ahuellamiento, además que ha perdido soporte en su composición física mecánica y ya no es la apropiada para resistir la intensas cargas del tráfico que se ha visto en aumento cada año, sin embargo la principal falencia es que no se cuenta con un plan de mantenimiento adecuado, ni se toma en cuenta el desempeño del pavimento con el pasar del tiempo y solo se toma acciones de intervención para reparar los daños cuando estos ya son graves.

La situación de los pavimentos flexibles en la Región de Junín, específicamente en la carretera central, es la vía que presenta mayores fallas, siendo la más predominante el ahuellamiento o deformación permanente, ocasionando el bajo desempeño estructural de la carpeta asfáltica y por ende disminuyendo su vida útil en el tiempo.

Ante esta problemática existe la voluntad de realizar mejoras tanto en la calidad de los materiales y la gradación granulométrica de la mezcla asfáltica de acuerdo a la normatividad peruana y americana, a fin de que se logre extender la vida útil del pavimento, por ello se plantea elaborar un diseño asfáltico de mezcla en caliente con el método Marshall y una granulometría SUPERPAVE, en la que se priorice una combinación de agregados resistentes de buena calidad y que dé como resultado una composición granulométrica gruesa, donde predomine mayor porcentaje de grava triturada que arena, además se incluirá filler mineral de tipo cal hidratada para llenar posibles vacíos en la mezcla y que se unirán con una dosificación óptima de cemento asfáltico al que se le incluirá un aditivo denominado Zycotherm, que permite mejorar la adherencia de los áridos, y evitar problemas de exudación asfáltica, por otro lado también se plantea ejecutar un minucioso control de calidad cuando se ejecute el proceso constructivo, la extensión, colocación y compactación de la mezcla asfáltica en caliente respetando los valores de temperatura que se establecen en las especificaciones generales de construcción de carreteras EG-2013 del MTC.

## **1.2. TRABAJOS PREVIOS**

Con la finalidad de reunir información sobre la variable de investigación, se ha revisado trabajos realizados por otros investigadores, dentro de los cuales se destacan:

## **En el ámbito internacional**

**Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista.** (Padilla, A., 2004) tuvo como objetivo identificar los principales factores que ocasionan las deformaciones plásticas permanentes en los pavimentos. El investigador concluye que:

*La formación de las roderas o deformaciones plásticas permanentes, se debe a una serie de factores tales como: El tipo y contenido de ligante asfáltico, composición granulométrica, características de los agregados pétreos, contenido de vacíos en la Mezcla Asfáltica, Relación Filler/asfalto, Cargas por Eje Equivalente, Temperatura y compactación de la mezcla asfáltica.*

Así mismo en otras de sus publicaciones, **Deformaciones plásticas en capas de rodaduras en pavimentos asfálticos.** (Padilla, A., 2007), define que:

*“las deformaciones plásticas son canales que se forman a lo largo de la trayectoria longitudinal de circulación de los vehículos, exactamente en las huellas por donde ruedan los neumáticos sobre el pavimento.”*

**Diseño SUPERPAVE-Método de optimización del número de giros de diseño mediante desempeño relativo [en línea].** *Infraestructura Vial • No 17 • Febrero 2007.* Esta revista indica que:

*El método de diseño Superpave ha sido originalmente desarrollado para producir mezclas resistentes al tipo de falla, especialmente ahuellamiento. [...] Esto ha llevado a que se produzcan mezclas con bajos contenidos de ligante asfáltico. Este método es utilizado por muchos departamentos de transporte (DOT's) de distintos estados de Texas, esencialmente aplicado en un enfoque volumétrico (nivel 1), pues el contenido de ligante óptimo y la granulometría son seleccionados analizando el contenido de vacíos de aire (VTM) de la mezcla. La herramienta principal en este enfoque es el compactador giratorio superpave (SGC). Una mezcla satisfactoria es aquella que cumple con requisitos volumétricos rigurosos a un número de giros inicial y de diseño (Ninitial y Ndesign, respectivamente). Consta de 3 niveles los cuales son determinados por el tráfico total, expresado en número de ejes equivalentes (ESALs).*

**Aplicación del método Marshall y granulometría SUPERPAVE en el diseño de mezclas asfálticas en caliente con asfalto clasificación grado de desempeño.** (CRESPIN, SANTACRUZ Y TORRES 2012) cuyo **objetivo** es diseñar una mezcla asfáltica en caliente con el método Marshall pero con granulometría SUPERPAVE y un asfalto tipo PG (Grado de Desempeño); estos investigadores pretenden diseñar una mezcla asfáltica en caliente que brinde un mejor desempeño que los convencionales, esto a través de la aplicación de una granulometría del método SUPERPAVE, que les sirva en la

pavimentación de carreteras de alto tránsito en el país El Salvador ya que según indican en su estudio las fallas típicas que se presentan en la vías de su país son el ahuellamiento y fatiga (piel de cocodrilo); por ello es que intentan implementar esta metodología para que de alguna manera se implemente en el país y los resultados obtenidos de su estudio sea conocido por distintas empresas dedicadas a la industria de producción de mezclas asfálticas.

**DEFORMACIONES PERMANENTES EN MEZCLAS ASFÁLTICAS. Efecto de la reología de los asfaltos, temperatura y las condiciones de carga.** (MOREA 2016), cuyo objetivo general es estudiar y caracterizar la deformación permanente en mezclas asfálticas para el uso vial en argentina considerando los materiales, las propiedades reológicas de los asfaltos y el desempeño de las mezclas, siendo esta característica una de la más importante ya que para ello se usan métodos de laboratorio como es el ensayo de la rueda cargada, la cual permite el estudio de dos variables de significativa influencia en el comportamiento frente a la deformación permanente como son la temperatura y las cargas de circulación que soporta el pavimento.

#### **En el ámbito nacional**

**Análisis Superficial de Pavimentos Flexibles para el Mantenimiento de Vías en la Región de Puno.** (HUMPIRI 2015) cita las causas del ahuellamiento en la que indica:

*Las repeticiones de las cargas de tránsito conducen a deformaciones permanentes en cualquiera de las capas del pavimento e inclusive hasta en la sub-rasante. Precizando también que cuando el radio de influencia de la zona ahuellada es pequeña, las deformaciones ocurren en las capas superiores del pavimento; además cuando el radio de influencia es amplio, las deformaciones ocurren en la subrasante. (Coronado, 2000)*

**La Deformación Permanente en las Mezclas Asfálticas y el Consecuente Deterioro de los Pavimentos Asfálticos en el Perú.** (HUAMAN 2016), cuyo **objetivo** es presentar la definición de la deformación permanente y sus diferentes formas que se presenta en las capas del pavimento e inclusive a nivel de la subrasante, indica que:

*Las deformaciones permanentes, tales como pandeo o grietas, se dan debido a estiramiento, flexión o torsión. [...] Una propiedad característica de la deformación permanente es que cuando un cuerpo está bajo la acción de una fuerza y esta deja de actuar, la deformación del material no vuelve a cero. En cambio en el asfalto que es un material viscoelástico al aplicarle una carga, este desarrolla una trayectoria muy corta y elástica, seguida de una deformación más retardada; y que al cesar dicha carga, se produce una recuperación elástica, seguida de una recuperación retardada y eso implica que el material nunca vuelve a su longitud inicial, quedando con ella una deformación permanente irre recuperable.*

**Deformación en las Mezclas Asfálticas y su consecuente deterioro en los Pavimentos Asfálticos en la ciudad de Juliaca–2016.** APAZA (2017), cuyo objetivo es efectuar un estudio bibliográfico extensivo, para un mejor entendimiento de cómo se clasifica la deformación de Pavimentos Asfálticos. Dentro de la clasificación de deformación de pavimentos está considerada la deformación permanente o ahuellamiento en la cual el investigador en una de sus conclusiones de la investigación concluye que:

*Se mejora la resistencia al corte en las mezclas asfálticas, seleccionando un agregado que tenga un alto grado de fricción interna, uno que sea de forma cúbica, que tenga una superficie rugosa y pueda desarrollar un grado de contacto partícula a partícula. Agregados con un alto grado de fricción interna mejoran la resistencia de la mezcla al corte y cuando actúan en forma conjunta el cemento asfáltico de una manera integral, permiten que cuando se aplica una carga a la mezcla asfáltica, ésta actúe como una banda elástica recuperando su forma original al pasar la carga, evitando de esta forma la acumulación de deformación permanente.*

### **1.3. TEORIAS RELACIONADAS CON EL TEMA**

#### **1.3.1 CARPETA ASFÁLTICA**

Es la capa superior del pavimento que se coloca sobre la base granular, también es llamada capa de rodadura o calzada donde circulan los vehículos y se constituye por la mezcla de materiales pétreos unidos con cemento asfáltico.

#### **1.3.2 MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

Harrigan (2011, p. 4) nos dice que:

*Una mezcla asfáltica es aquella compuesta por agregado y cemento asfáltico, donde el agregado abarca usualmente el 95% del peso de la mezcla y el cemento asfáltico el otro 5%. En cuanto a volumen, el agregado ocupa un 85%, el cemento asfáltico 10% y una cantidad de vacíos del 5%. Entonces, es el cemento asfáltico el que mantiene el agregado adherido en una mezcla asfáltica.*

#### **1.3.3 METODO MARSHALL**

ORELLANA (2016, p. 48-51) manifiesta que:

*El Método originalmente fue desarrollado por Bruce Marshall en los 1940s, mientras que trabajaba el Departamento de Carreteras del Estado de Mississippi.*

*El método se rige a la norma ASTM D-1559, el cual consiste en medir la resistencia al flujo plástico de especímenes cilíndricos de mezclas bituminosas, sometiéndolas a carga en la superficie lateral por medio del equipo Marshall; este método se aplica a mezclas en caliente de cementos asfálticos y agregados cuyo tamaño máximo sea 1" (pulgada) o menor. Su objetivo es determinar el contenido óptimo de asfalto para un tipo de granulometría y cemento*

*asfáltico en una mezcla asfáltica, considerando sus composiciones volumétricas y sus propiedades físico-mecánicas.*

### **1.3.4 METODOLOGÍA SUPERPAVE**

Con un presupuesto que alcanzó los 150 millones de dólares (fondos provenientes de Estados Unidos, Canadá, México y algunos países de Europa), se desarrolló entre octubre de 1987 y marzo de 1993 el Programa Estratégico de Investigación de Carreteras, más conocido por sus siglas en inglés **SHRP** (Strategic Highway Research Program). El resultado final de estas investigaciones es un nuevo sistema para la especificación de materiales asfálticos: el método **SUPERPAVE** (**S**Uperior **P**ERforming Asphalt **P**AVEments); representa una tecnología provista de tal manera que pueda especificar cemento asfáltico y agregado mineral, desarrollar diseños de mezclas asfálticas; analizar y establecer predicciones del desempeño del pavimento. DELGADO, Horacio [et al., s.f.]. Diseño de mezclas asfálticas con la metodología Superpave (Nivel 1) [en línea]. [fecha de consulta: 14 de junio de 2018]. Disponible en: [http://www.academia.edu/5320269/Dise%C3%B1o\\_de\\_mezclas\\_asf%C3%A1lticas\\_con\\_la\\_metodolog%C3%ADa\\_Superpave\\_Nivel\\_1\\_Superpave\\_hot\\_mix\\_asphalt\\_design\\_Level\\_1\\_](http://www.academia.edu/5320269/Dise%C3%B1o_de_mezclas_asf%C3%A1lticas_con_la_metodolog%C3%ADa_Superpave_Nivel_1_Superpave_hot_mix_asphalt_design_Level_1_)

#### **1.3.4.1 REQUISITOS DEL MÉTODO SUPERPAVE**

ORELLANA (2016, p. 51-52) brinda indicaciones en las que menciona 5 características a seguir por el método Superpave:

1. Selección del grado del cemento asfáltico mediante el clima local y el tráfico esperado.
2. La granulometría del agregado es dada para cada tamaño máximo nominal en los rangos de 4.75 a 37.5 mm. En versiones previas del método Superpave, la granulometría incluía una zona restrictiva- una región que debería ser evitada para asegurar alguna tendencia de la mezcla- pero las versiones recientes ya no incluyen esta restricción.
3. Evaluación de muestras de prueba hechas en laboratorio mediante especímenes compactos de 150mm de diámetro y 100mm de espesor aproximadamente. Estos especímenes deben ser compactados con el uso del Compactador Giratorio Superpave ver **Figura 1** Como en el método Marshall, el nivel de compactación varía con el tráfico esperado.

4. Las mezclas de prueba son evaluada en base a su composición volumétrica, con requisitos de diseño de contenido de aire, VMA y VFA.
5. Todas las mezclas deben ser evaluadas por resistencia a la humedad usando el método Lottman (AASHTO T 283). A diferencia del método Marshall, no existe un ensayo final de estabilidad, flexibilidad o resistencia.



Figura 1. Superpave gyratory compactor (courtesy of Pine Equipment Company).  
Fuente: (Harrigan, 2011, pág. 104)

El método Superpave consta de tres niveles de diseño dependiendo del nivel de tráfico al que estará expuesta la mezcla asfáltica. (Ver Tabla 1.)

**Tabla 1.** Nivel de Diseño de mezclas SUPERPAVE según el tránsito

Tránsito (ESAL)	Nivel	Requisitos de Ensayo
$ESAL < 10^6$	1	Diseño volumétrico.
$10^6 < ESAL < 10^7$	2	Diseño volumétrico + ensayos de predicción de desempeño.
$10^7 < ESAL$	3	Diseño volumétrico + aumento de los ensayos de predicción de desempeño.

Fuente: DELGADO, Horacio [et al.]. Influencia de La Granulometría en las Propiedades Volumétricas de la Mezcla Asfáltica [en línea]. Publicación técnica No 299, Instituto Mexicano del Transporte, 2006. [fecha de consulta: 15 de abril de 2018].

Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt299.pdf>

En el nivel 1, se realizan básicamente evaluaciones volumétricas de la mezcla asfáltica una vez escogidos los materiales y la gradación de los agregados de la misma.

En el nivel 2, se realizan ensayos para verificar los aspectos de servicio de la mezcla, como ensayos de Fatiga, Ahuellamiento, Textura de la superficie.

En el nivel 3, se mantiene el mismo esquema de trabajo que el nivel 2; sin embargo, la información recopilada para determinar los resultados de los ensayos es más precisa.

Los puntos a conocer con respecto a los Requisitos son:

### 1.3.4.1.1. GRANULOMETRÍA SUPERPAVE

Para especificar la granulometría, Superpave ha modificado el enfoque de la granulometría Marshall. Emplea el exponente 0.45 en la carta de granulometría (gráfica de Fuller). Esta carta usa una técnica gráfica única para juzgar la distribución de tamaños acumulados de partículas de una mezcla de agregados. Las ordenadas de la carta son los porcentajes que pasan; las abscisas, en escala aritmética, representan las aberturas de los tamices en mm, elevadas a la potencia 0.45. DELGADO, Horacio [et al., s.f.]. Diseño de mezclas asfálticas con la metodología Superpave (Nivel 1) [en línea]. [fecha de consulta: 14 de junio de 2018]. Disponible en: [http://www.academia.edu/5320269/Dise%C3%B1o\\_de\\_mezclas\\_asf%C3%A1lticas\\_con\\_la\\_metodolog%C3%ADa\\_Superpave\\_Nivel\\_1\\_Superpave\\_hot\\_mix\\_asphalt\\_design\\_Level\\_1\\_](http://www.academia.edu/5320269/Dise%C3%B1o_de_mezclas_asf%C3%A1lticas_con_la_metodolog%C3%ADa_Superpave_Nivel_1_Superpave_hot_mix_asphalt_design_Level_1_)

### 1.3.4.1.2 MECANISMOS DE CONTROL DE LA GRANULOMETRÍA

Los mecanismos de control de la granulometría del agregado, son: los puntos de control y la zona restringida.

- a) **Los puntos de control**, son puntos de paso obligado para la curva granulométrica y dependen del tamaño máximo nominal del agregado, un tamaño intermedio (2.36 mm) y un tamaño de finos (0.075 mm)
- b) **La zona restringida**, se ubica entre los tamaños intermedios (4.75 ó 2.36 mm) y 0.3 mm. Forma una banda por la cual la curva granulométrica no deberá pasar. Las granulometrías que violan la zona restringida poseen un esqueleto granular débil que depende demasiado de la rigidez del cemento asfáltico para alcanzar una buena con resistencia al corte en la mezcla asfáltica. **La Figura 2** muestra el esquema de Representación de los Requisitos de gradación en el Diseño Superpave.

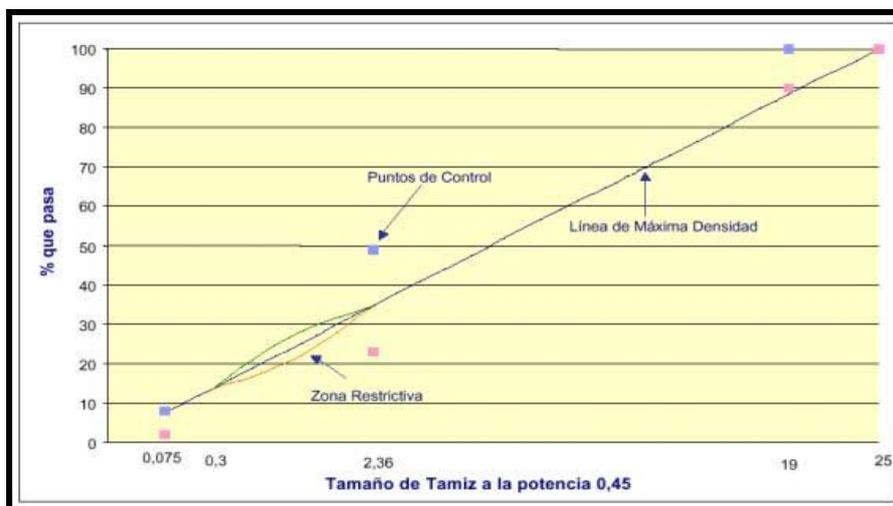


Figura 2. Esquema de Representación de los Requisitos de gradación en el Diseño Superpave. Fuente: (MTC, 2013)

Los valores de los parámetros: puntos de control y zona restringida, están establecidas en las Tablas 423-04 y 423-05 en el Manual de Carreteras; EG – 2013 y en ellas se establece las graduaciones del método Superpave para agregados de tamaño máximo nominal 19 (Ver Tabla 2) y 25 mm respectivamente (Ver Tabla 3).

**Tabla 2.** Graduación de tamaño nominal máximo de 19 mm.

Tamaño del tamiz mm	Puntos de Control		Línea de Máxima Densidad	Zona de Restricción		Formula de Mezcla	Tolerancia (**)
				Mínimo	Máximo		
25		100,0	100,0				
19,00	100,0	90,0	88,4				
12,50			73,2				
9,50			59,6				
4,75			49,5			*	(6)
2,36	49,0	23,0	34,6	34,6	34,6	*	(6)
1,18			25,3	22,3	28,3		
0,60			18,7	16,7	20,7	*	(4)
0,30			13,7	13,7	13,7	*	(3)
0,15			10,0				
0,075	8,0	2,0	7,3			*	(2)

Fuente: Tabla 423-04 (Manual de Carreteras; EG – 2013)

(\*) El contratista especificará los valor con aproximación al 0.1%

(\*\*) Desviaciones aceptables ( $\pm$ ) de los valores de la Fórmula

**Tabla 3.** Graduación de tamaño nominal máximo de 25 mm.

Tamaño del tamiz mm	Puntos de Control		Línea de Máxima Densidad	Zona de Restricción		Formula de Mezcla	Tolerancia (**)
				Mínimo	Máximo		
37,5		100,0	100,0				
25,0	100,0	90,0	83,3				
19,00			73,6				
12,50			61,0				
9,50			53,9			*	(6)
4,75			39,5	39,5	39,5	*	(6)
2,36	45,0	19,0	28,8	26,8	30,8		
1,18			21,1	18,1	24,1	*	(4)
0,60			15,6	13,6	17,6	*	(3)
0,30			11,4	11,4	11,4		
0,15	7,0	1,0	8,3			*	(2)
0,075			6,1				

Fuente: Tabla 423-05 (Manual de Carreteras; EG – 2013)

(\*) El Contratista especificará los valores con aproximación al 0.1%

(\*\*) Desviaciones aceptables ( $\pm$ ) de los valores de la Fórmula.

### 1.3.5 CEMENTO ASFÁLTICO

La ASTM (American Society for Testing and Materials ó Sociedad Americana para Ensayos y Materiales) lo define:

“Como un material cementante, de color oscuro y de consistencia variable, cuya rigidez depende de la temperatura en que se encuentre. A temperatura ambiente el asfalto es sólido a semisólido, y cuando su temperatura se eleva se vuelve líquido, esta condición permite que los agregados sean cubiertos completamente, durante la mezcla.”

### **1.3.6 AHUELLAMIENTO**

El ahuellamiento es un tipo de falla que se produce en pavimentos asfálticos, el cual consiste en una depresión canalizada en la huella de circulación de los vehículos. Se produce en pavimentos asfálticos sometidos a una combinación de elevados niveles de tránsito, tráfico pesado y/o lento y altas temperaturas de servicio. (Thenoux Z., et al., 2002)

De igual manera Botasso H. G. et al. (2010 pp. 1-12) definen que:

“El ahuellamiento o deformación permanente es un tipo de deterioro que se produce en correspondencia con la huella de circulación de los vehículos con cada aplicación de carga y está representada por la acumulación de pequeñas deformaciones verticales que son irrecuperables.”

#### **1.3.6.1 CAUSAS DEL AHUELLAMIENTO**

Con respecto a las causas del ahuellamiento, Nieto J., Rebollo O. (2009, p. 156), nos dice que:

“El ahuellamiento se puede originar por varias razones: propiedades deficientes de los materiales que componen el paquete estructural, propiedades volumétricas erróneas y por las solicitaciones sobre la estructura debidas al tránsito y las condiciones climáticas (altas temperaturas, cargas pesadas, bajas velocidades de circulación, etc.).”

Por otro lado Harrigan (2011, p. 7), manifiesta que:

“otra forma de generarse este tipo de falla es durante el frenado de los vehículos, ya que producen fuerzas laterales causando deformaciones excesivas.”

## **1.4. FORMULACION DEL PROBLEMA**

### **1.4.1 PROBLEMA GENERAL**

- ¿Cómo influye el diseño asfáltico elaborado con el método Marshall y granulometría SUPERPAVE en la mitigación del ahuellamiento de la carpeta asfáltica, del tramo: La Oroya – Jauja, 2018?

### **1.4.1 PROBLEMAS ESPECÍFICOS**

- ¿Con qué ensayo de laboratorio se podrá evaluar la resistencia de la mezcla asfáltica en caliente al ahuellamiento?
- ¿Con qué requisitos de calidad deben ser evaluados los agregados pétreos, el filler mineral tipo cal hidratada y el cemento asfáltico para ser usados en el diseño asfáltico en caliente?
- ¿Con qué frecuencia se debe supervisar el control de la temperatura, el contenido de asfalto, las propiedades volumétricas y el grado de compactación de la Mezcla Asfáltica en Caliente durante el proceso constructivo de la carpeta asfáltica para mitigar el ahuellamiento?

### **1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

Debido a la problemática planteada, se propone elaborar un diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con el método Marshall y granulometría SUPERPAVE que sirva como una alternativa factible en la pavimentación de vías de bajo y alto tráfico.

#### **1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA**

Desde el punto de vista teórico, se tendrá un mayor conocimiento del diseño asfáltico con el método Marshall y la metodología SUPERPAVE (Superior Performing Asphalt Pavement), este último dado por el Programa estratégico de investigación de carreteras - SHRP (Strategic Highway Research Program), que especifica detalles del uso de la granulometría SUPERPAVE, el cual recomienda que la curva granulométrica de los agregados no debe pasar por la zona restringida, por lo que el SHRP recomienda que pase bajo ella, para así evitar mezclas de áridos con una alta proporción de arena fina, ya con esto se asegura el desarrollo de un “esqueleto de piedra” resistente, el cual mejorará la resistencia a la deformación permanente (ahuellamiento) y alcanzará suficientes vacíos para la durabilidad de la mezcla. El desarrollo de los ensayos se regirá acorde al Manual de Ensayos de Materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones en concordancia al cumplimiento con los requisitos ya establecidos en el Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013.

## **1.5.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA**

La mitigación del ahuellamiento en la carpeta asfáltica del tramo: La Oroya – Jauja, será realizado con la aplicación de un diseño asfáltico con el método Marshall y granulometría SUPERPAVE, para ello primero se realizará una evaluación física mecánica de los agregados pétreos que intervendrán en la mezcla de agregados para elaborar el diseño asfáltico, posteriormente se fabricará en el laboratorio una Mezcla Asfáltica en Caliente tentativa de acuerdo al diseño y será evaluada con los requerimientos de la metodología Marshall y la exigencias de la granulometría SUPERPAVE que debe cumplir; finalmente se evaluará su desempeño para la resistencia al ahuellamiento a través del Ensayo de Rueda de Hamburgo (Norma: AASHTO-324) y según la satisfacción del resultado se definirá su empleabilidad en el proyecto, de lo contrario se tendrá que replantear el diseño hasta obtener una mezcla asfáltica con buen desempeño que sea capaz de soportar la deformación al ahullamiento por las cargas inducidas en el ensayo ya indicado.

## **1.5.3 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA**

En cuanto a los resultados satisfactorios de desempeño de la mezcla asfáltica en caliente para resistir al ahuellamiento y en cumplimiento de los requerimientos exigidos por el método Marshall, Propiedades volumétricas y la Granulometría SUPERPAVE, se decide la aplicación del diseño asfáltico para la producción y colocación de asfalto en campo, esto con la seguridad de que se logrará mitigar el ahuellamiento en la carpeta asfáltica del tramo: La Oroya – Jauja; y su vez con ello se estima tener un mayor ahorro económico en cuanto a la aplicación de los programas de intervención para la reparación y mantenimiento de la vía.

## **1.6. HIPÓTESIS:**

### **1.6.1. HIPÓTESIS GENERAL**

- La aplicación de un diseño asfáltico en caliente, usando el método Marshall y Granulometría Superpave nos permitirá mitigar el ahuellamiento en la carpeta asfáltica del tramo: La Oroya – Jauja, en el 2018.

## **1.6.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS**

- ✓ El óptimo porcentaje de contenido de cemento asfáltico, el Filler tipo cal hidratada y el aditivo mejorador de adherencia zycotherm nos permitirá mejorar la adhesividad en los agregados y por ende en la resistencia y durabilidad de la Mezcla Asfáltica en Caliente para lograr mitigar el ahuellamiento de la carpeta asfáltica del tramo: La Oroya – Jauja.
- ✓ La Granulometría SUPERPAVE mejora la resistencia de la Mezcla Asfáltica en Caliente y por ende favorece el desempeño estructural de la capa de rodadura y con ello se logra mitigar el ahuellamiento de la carpeta asfáltica del tramo: La Oroya – Jauja.
- ✓ El adecuado control de la temperatura y las propiedades volumétricas en la compactación de la Mezcla Asfáltica en Caliente nos permitirá mitigar el ahuellamiento de la carpeta asfáltica del tramo: La Oroya – Jauja.

## **1.7. OBJETIVOS**

### **1.7.1 OBJETIVOS GENERALES**

- ✓ Mitigar el ahuellamiento elaborando un diseño asfáltico con el método Marshall y la granulometría SUPERPAVE en la carpeta asfáltica del tramo: La Oroya - Jauja, en el año 2018.

### **1.7.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Evaluar la resistencia al desgaste del agregado grueso, durabilidad del agregado fino y grueso, mediante el ensayo de Abrasión en la máquina los Ángeles y ensayo de durabilidad respectivamente.
- ✓ Evaluar la resistencia al ahuellamiento de la mezcla asfáltica en caliente mediante el ensayo de la Rueda de Hamburgo.
- ✓ Realizar el ensayo Lottman (Ensayo de tracción indirecta) para analizar el efecto de humedad sobre la mezcla asfáltica con granulometría SUPERPAVE.

## **II. METODO**

## 2.1 FASES DEL PROCESO DE INVESTIGACION

Según Borja (2012) nos dice que: “El método científico es el procedimiento que se sigue para contestar las preguntas de investigación que surgen sobre los diversos fenómenos que se presentan en la naturaleza y sobre los problemas que afectan a la sociedad” (p. 8).

El proyecto de investigación se basará en el **método científico**, ya que se identificó un problema y se procederá a las respuestas de las preguntas de investigación.

### 2.1.1 ENFOQUE

Hernández, Fernández, Baptista (2010) nos dicen que: “El enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en las mediciones numéricas y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (p. 4)

Por ende, la presente investigación tiene posición en el enfoque **cuantitativo**, debido a que las variables serán medidas por medio de información cuantificada.

### 2.1.2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Carrasco (2002) Nos dice que la investigación aplicada: “Se distingue por tener propósitos prácticos, es decir, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la sociedad.” (p. 42).

Debido a lo mencionado, el tipo de investigación seleccionada es **aplicada**, ya que el objetivo es mitigar el ahuellamiento con la aplicación de un diseño asfáltico con el método Marshall y granulometría SUPERPAVE produce cambios en la gran mayoría de proyectos de infraestructura vial.

### 2.1.3. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Para el nivel de investigación, Hernández et al. (2012) no dice que:

Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o de establecimientos de relación entre conceptos; es decir están dirigidos a responder por las causas de los eventos y fenómeno físico o social. Como su nombre lo indica, su interés se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta, o por qué se relacionan dos o más variables (p. 84)

Por ende, el nivel de investigación seleccionado es de nivel **explicativo**, ya que se pretende no solo dar una descripción sino explicar por qué el diseño asfáltico con el método

Marshall y granulometría SUPERPAVE optimiza la mitigación del ahuellamiento en la carpeta asfáltica.

#### **2.1.4. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

El diseño de investigación para este proyecto es **cuasi-experimental**, ya que se manipulará la Variable Independiente (VI) para medir y/o evaluar su efecto sobre la Variable Dependiente (VD), toda vez que se busca verificar los valores de las propiedades volumétricas y el desempeño estructural de la mezcla asfáltica (VI) para resistir el ahuellamiento (VD), para ello se ejecutará el Ensayo de la Rueda de Hamburgo y con ello medir su resistencia, en caso contrario se tendrá que replantear el diseño asfáltico para elaborar una mezcla asfáltica que si cumpla con la resistencia al ahuellamiento.

#### **2.2.-VARIABLES**

A continuación, se describen las variables con una pequeña definición conceptual.

##### **2.2.2. MEZCLA ASFÁLTICA CON GRANULOMETRÍA SUPERPAVE.**

La mezcla asfáltica será elaborada con un diseño asfáltico que emplea el Método Marshall y una Granulometría SUPERPAVE, para lo cual se ha tenido que identificar adecuadamente los agregados y el tipo de cemento asfáltico que se usará en la preparación de la mezcla tanto en el laboratorio como durante la producción en planta para su posterior colocación en campo, específicamente en un tramo de prueba. Para entender que es una mezcla asfáltica Harrigan (2011, p. 4) indica que:

Una mezcla asfáltica es aquella compuesta por agregado y cemento asfáltico, donde el agregado abarca usualmente el 95% del peso de la mezcla y el cemento asfáltico el otro 5%. En cuanto a volumen, el agregado ocupa un 85%, el cemento asfáltico 10% y una cantidad de vacíos del 5%. Entonces, es el cemento asfáltico el que mantiene el agregado adherido en una mezcla asfáltica.

##### **2.2.2. AHUELLAMIENTO**

Thenoux Z., et al. (2002) definen que:

El ahuellamiento es un tipo de defecto o falla producida en pavimentos asfálticos, que consiste en una depresión canalizada en la huella de circulación de los vehículos. Se manifiesta en pavimentos asfálticos sometidos a una combinación de elevados niveles de tránsito, tráfico pesado y/o lento y altas temperaturas de servicio.

## 2.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

Variables						
Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología de investigación
Mezcla Asfáltica con granulometría SUPERPAVE.	(Harrigan, 2011, p. 4) Define que, Una mezcla asfáltica es aquella compuesta por agregado y cemento asfáltico, donde el agregado abarca usualmente el 95% del peso de la mezcla y el cemento asfáltico el otro 5%. En cuanto a volumen, el agregado ocupa un 85%, el cemento asfáltico 10% y una cantidad de vacíos del 5%. Entonces, es el cemento asfáltico el que mantiene el agregado adherido en una mezcla asfáltica.	Se realiza el diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente elaborado el laboratorio con el método Marshall y Granulometría SUPERPAVE, para evaluar su desempeño frente al ahuellamiento, a través del Ensayo de la Rueda de Hamburgo, si el resultado es satisfactorio no se hará ajustes en el diseño, sin embargo si el resultado es desfavorable se tendrá que replantear el diseño haciendo los ajustes necesarios.	Agregados Pétreos	Granulometría	Formatos de acuerdo al Manual de ensayos de Materiales (MTC) Manual de Carreteras EG-2013 y método SUPERPAVE.	Método: <b>Método científico</b>
				Durabilidad		
				Abrasión		
				Caras Facturadas		
				Chatas y Alargadas		
				Peso específico y Absorción		
				Adherencia		
				Índice de Durabilidad		
				Azul de Metileno		
				Sales Solubles		
			Equivalente de Arena			
			Adhesividad (Riedel Weber)			
			Índice de plasticidad Malla N° 40 y N° 200.	Manual de ensayos de Materiales (MTC) Manual de Carreteras EG-2013 y Norma ASTM D1559 (Método Marshall)	Nivel de investigación: <b>Explicativo</b>	
Máxima Densidad Teórica						
Peso específico						
vacíos de aire (VA)						
vacíos en el agregado mineral (VMA)						
vacíos llenos de asfalto (VFA)						
Flujo/Esatibilidad						
Índice de Compactibilidad						
Estabilidad Retenida	Normas: ASTM D2172 / MTC E-502, ASTM D422/MTC E-204					
Extracción cuantitativa de asfalto						
Contenido de Cemento Asfáltico	Granulometría					
Variable dependiente	El ahuellamiento es un tipo de defecto o falla producida en pavimentos asfálticos, que consiste en una depresión canalizada en la huella de circulación de los vehículos. Se manifiesta en pavimentos asfálticos sometidos a una combinación de elevados niveles de tránsito, tráfico pesado y/o lento y altas temperaturas de servicio. (Thenoux Z., et al. 2002)	Se evaluará el desempeño de la carpeta asfáltica con Ensayos destructivos y no destructivos.	Proceso Constructivo de la Carpeta Asfáltica	Ensayo Lottman	Norma: AASHTO T283	Diseño de la Investigación: <b>Cuasi-Experimental</b>
				Efecto del agua sobre la cohesión de las mezclas asfálticas compactadas	Norma: ASTM D1074/ASTM D1075 /MTC E518	
				Ensayo Inmersión - Compresión		
				Ensayo de Rueda de Hamburgo	Norma: AASHTO T324	
				Registro de Temperatura	Ficha de registro de temperatura y compactación.	
El Ahuellamiento en la carpeta asfáltica				Control de Compactación		

Fuente: Elaboración propia. (Anexo N°1)

## 2.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

### 2.4.1 POBLACIÓN

Tamayo (2004, p. 176) comenta lo siguiente:

(La población es la) totalidad de un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio integrado un conjunto N de entidades que participan de una determinada característica, y se le denomina población por constituir la totalidad del fenómeno adscrito a un estudio o investigación.

Para este proyecto de investigación la población es la carretera central en el tramo La Oroya – Jauja.

### 2.4.2 MUESTRA:

Según Hernández, Fernández y Baptista “las muestras no probabilísticas, también llamadas muestras dirigidas, suponen un procedimiento de selección orientado por las características de la investigación, más que por un criterio estadístico de generalización” (2014, p. 189).

Se tomará en cuenta el tipo de muestra intencional u opinática en donde se seleccionará los elementos a analizar en base a criterios o juicio del investigador.

Se realizará en 200 m lineales de carpeta asfáltica en el tramo La Oroya – Jauja, específicamente en el km 45+800 al km 46+000 Carril Izquierdo.

## 2.5. TÉCNICA (S) E INSTRUMENTO (S) DE RECOLECCIÓN DE DATOS

En la presente investigación se utilizarán las siguientes técnicas con sus adecuados instrumentos:

**Tabla 2.5:** *Técnicas e Instrumentos*

Variables	Dimensiones	Instrumentos	Procedimientos
Mezcla Asfáltica con granulometría SUPERPAVE.	Agregados Pétreos	Formato de ensayos de laboratorio, sujetos al Manual de Ensayos y Materiales del MTC.	Se realizará los ensayos físicos-mecánicos y químicos para verificar la calidad de los agregados gruesos y finos a usar en la etapa de diseño y elaboración de la Mezcla Asfáltica con granulometría SUPERPAVE.
	Propiedades Volumétricas	Formatos del Diseño Marshall (ASTM D 1559)	Se elaborará el Diseño Marshall para medir las propiedades volumétricas de la Mezcla Asfáltica con granulometría SUPERPAVE.
	Contenido de Cemento Asfáltico	Formato de Lavado Asfáltico y Análisis Granulométrico	Se realizará los ensayos de control de lavado asfáltico en la etapa de diseño y producción de la Mezcla Asfáltica con granulometría SUPERPAVE.

Variables	Dimensiones	Instrumentos	Procedimientos
El Ahuellamiento en la carpeta asfáltica	Proceso Constructivo de la Carpeta Asfáltica	Formato de Ensayo de Rueda de Hamburgo (AASHTO T 324)	Se evaluará por desempeño la Mezcla Asfáltica con granulometría SUPERPAVE para medir su capacidad de resistencia a la deformación permanente (ahuellamiento) y a la susceptibilidad al daño por humedad inducida.

Fuente: Elaboración propia

## 2.6 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS:

Bernal menciona que el análisis de datos “consiste en interpretar los hallazgos relacionados con el problema de investigación, los objetivos propuestos, la hipótesis y/o preguntas formuladas, [...] con la finalidad de evaluar si confirman las teorías o no, y se generan debates con la teoría ya existente” (2010, p. 220).

### 2.6.1 VALIDEZ:

Valarino *et al* indican que:

“La validez se refiere a tener un cierto nivel de seguridad, en cuanto a lo que se pretende medir, la técnica que se empleará medirá los fenómenos que se tendrán que medir o en la que el observador logre dar una clasificación a un comportamiento de una categoría con cierto nivel de autenticidad (2015, p. 27).”

La validez del estudio se determinó de manera técnica y especializada, empleando fichas técnicas e informes de resultados validados por expertos de los laboratorios de las empresas dedicadas a la fabricación de mezclas asfálticas y asfaltos, los cuales nos proporcionaron la validación de nuestros resultados presentando sus firmas en los certificados de calidad con sus respectivos códigos de colegiatura, hecho que nos asegura la confianza de la veracidad de nuestros resultados obtenidos.

## **2.6.2 CONFIABILIDAD:**

Según Hernández, Fernández y Baptista mencionan lo siguiente:

La confiabilidad de un instrumento de medición se refiere al grado en que su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales. La confiabilidad de un instrumento de medición se determina mediante diversas técnicas, las cuales se comentarán brevemente después de revisar los conceptos de validez y objetividad.

En la presente investigación el grado de confiabilidad aborda, los aspectos necesarios en cuanto a la resistencia de la mezcla asfáltica en caliente al ahuellamiento, la cual será elaborada con los parámetros de diseño del método Marshall y Granulometría SUPERPAVE, y que el resultado se evaluará con el Ensayo de la rueda de Hamburgo en concordancia con la norma de ensayo AASHTO T-324, empleando equipos debidamente calibrados.

Para la realización de los respectivos ensayos de esta investigación se acudirá a laboratorios especializados, que cuenten con certificados de calibración y/o verificación de sus equipos de medición, que cumplan con los estándares nacionales e internacionales de pesos y medidas de acuerdo al tipo de ensayo a ejecutar, esto con la finalidad de asegurar la confiabilidad de los resultados que se obtengan.

## **2.7 ASPECTOS ÉTICOS:**

El investigador responsable de este proyecto ha respetado la autoría de diversos autores, que han sido tomados como el sustento de toda la investigación respetando sus pensamientos y análisis.

El proceso de esta tesis se desarrollara respetando los alineamientos de investigación establecidos por la universidad César Vallejo. La investigación cumplirá con los requisitos de originalidad, objetividad y ética.

Se respetará la veracidad de los resultados, respetando la propiedad intelectual donde se citará adecuadamente las investigaciones relevantes que se hayan publicado previamente, para ello se ha empleado adecuadamente la referencias del estilo ISO 690 y 692-2.

### **III. RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### 3.1. UBICACIÓN

La presente investigación denominada “Mitigación del ahuellamiento, usando el Método Marshall y granulometría SUPERPAVE, en la carpeta asfáltica del tramo: La Oroya - Jauja”, tiene lugar de desarrollo específicamente en la Carretera Central, comprensión en el km 45+800 hasta el km 46+000; localizada en la Provincia de la Oroya, en las coordenadas: Latitud: 11°47'10.40"S y Longitud: 75°41'28.02"O (ver figura 3.)



*Figura 3. Zona de Ubicación del proyecto*  
*Fuente: Google maps*

### 3.2. ÁREA DE INTERVENCIÓN

El área de intervención comprende desde el km 45+800 hasta el km 46+000 carril izquierdo, la cual se encuentra con deformación permanente (ahuellamiento); en esta área se realizará una previa evaluación del estado actual del pavimento, a través de la determinación del contenido de cemento asfáltico, se medirá el desnivel del ahuellamiento usando una regla de 3 metros y flexómetro (huincha), además después de la evaluación se realizará el retiro de la carpeta asfáltica deteriorada mediante un frezado con una maquina fresadora que ejecutará el corte del pavimento.

### 3.2.1. PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN DEL PAVIMENTO DETERIORADO POR AHUELLAMIENTO EN EL ÁREA DE INTERVENCIÓN

Antes de realizar la evaluación del pavimento es necesario considerar que el criterio, para definir los tramos de corrección por ahuellamiento, mediante el fresado será el siguiente:

- Ahuellamiento menor a 6 mm, no requiere de tratamiento.
- Ahuellamiento entre 25-50 mm, sello de fisuras y bacheo superficial de ser necesario, fresado de 50 mm (2 pulg) y colocación de capa nivelante de hasta 50 mm (2 pulg) hasta reponer la rasante original.
- Ahuellamiento mayor de 50 mm, sello de fisuras y bacheo bacheo superficial de ser necesario, fresado de 75 mm (3 pulg) y colocación de capa nivelante de hasta 75 mm (3 pulg) hasta reponer la rasante original

El procedimiento a seguir para evaluar el pavimento deteriorado por ahuellamiento consistió en los siguientes pasos:

- a) Ubicamos la progresiva inicial y final del tramo deteriorado en el área de intervención por falla de tipo ahuellamiento (deformación permanente).
- b) Mediante la observación y usando una regla de tres metros con una guincha se procedió a levantar datos registrando la longitud, ancho y altura del ahuellamiento en el área afectada km 45+800 al km 46+000 carril izquierdo a nivel de la carpeta asfáltica, posteriormente se calificó el daño según su severidad. (ver figura 4)



Figura 4. Evaluación del pavimento en el Área de intervención  
Fuente: Elaboración Propia

- c) De acuerdo a la severidad del daño identificado se definió el espesor a cortar o fresar con la maquina fresadora. En este caso el espesor determinado a fresar fue de 2" (pulgadas).
- d) Los datos que se determinaron para el fresado en el km 45+800 al km 46+000 carril izquierdo, fueron: longitud = 200 m, ancho = 3,5 m y espesor = 0,050 m (2" pulgadas)
- e) Los datos obtenidos de la evaluación del pavimento se detallan en el **ANEXO A**.

Por otro lado para conocer el contenido de cemento asfáltico de la carpeta existente y la característica física mecánica de la mezcla asfáltica, se extrajo 1 testigo de asfalto con la máquina diamantina en el km 45+820 C. Izq. (ver figura 5)



*Figura 5. Extracción e identificación de un testigo de asfalto*  
*Fuente: Elaboración Propia*

Los resultados de los ensayos de Extracción Cuantitativa de Asfalto en Mezclas para Pavimentos y Análisis Mecánico de los Agregados Extraídos de Las Mezclas practicados al **Testigo de asfalto N° 1 km 45+820 C. Izq.** Extraído en pista de asfalto se detallan en la siguiente tabla (ver Tabla 4):

**Tabla 4. Resultado de ensayos realizados al Testigo N° 1 km 45+820 C. Izq.**

TAMIZ	Abertura	PESO	PORCENTAJE			ESPEC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
ASTM	mm	Retenido	retenido	acumulado	que pasa	HUSO MAC-2	TAMAÑO MÁXIMO	3/4"
3"	76,200	<b>0,0</b>	0,0	0,0	100,0	--	UBICACIÓN	km 45+820 C. Izq.
2 1/2"	63,500	<b>0,0</b>	0,0	0,0	100,0	--	Hora de lavado:	08:35 a.m.
2"	50,800	<b>0,0</b>	0,0	0,0	100,0	--	Peso de material sin lavar	<b>1682,4</b> gr
1 1/2"	38,100	<b>0,0</b>	0,0	0,0	100,0	--	Peso de material lavado	<b>1572,6</b> gr
1"	25,400	<b>0,0</b>	0,0	0,0	100,0	--	Peso mat.lav.+filtro+extracto	<b>1684,2</b> gr
3/4"	19,050	<b>0,0</b>	0,0	0,0	100,0	<b>100 - 100</b>	Peso del asfalto	<b>-1,8</b> gr
1/2"	12,700	<b>121,0</b>	7,7	7,7	92,3	<b>80 - 100</b>	Peso inicial del filtro	<b>19,3</b> gr
3/8"	9,525	<b>137,2</b>	8,7	16,4	83,6	<b>70 - 88</b>	Peso final del filtro	<b>21,1</b> gr
N°4	4,760	<b>320,1</b>	20,4	36,8	63,2	<b>51 - 68</b>	Peso del filler en filtro	<b>1,8</b> gr
N°8	2,360	<b>229,7</b>	14,6	51,4	48,6		Peso del asfalto	<b>109,8</b> gr
N°10	2,000	<b>49,5</b>	3,1	54,5	45,5	<b>38 - 52</b>	<b>Contenido de asfalto</b>	<b>6,53</b> %
N°16	1,180	<b>107,8</b>	6,9	61,4	38,6		<b>PESO TOTAL AGREGADOS</b>	<b>1684,2</b> gr
N° 30	0,600	<b>122,4</b>	7,8	69,2	30,8		Porcentaje de agregados en la granulometría tenemos:	
N° 40	0,420	<b>89,7</b>	5,7	74,9	25,1	<b>17 - 28</b>	Porcentaje de grava	= <b>36,8</b> %
N° 50	0,300	<b>99,8</b>	6,3	81,2	18,8		Porcentaje de arena	= <b>56,3</b> %
N° 80	0,177	<b>87,6</b>	5,6	86,8	13,2	<b>8 - 17</b>	Porcentaje de fino	= <b>6,9</b> %
N° 100	0,150	<b>46,6</b>	3,0	89,8	10,2		<b>OBSERVACIONES:</b>	
N° 200	0,075	<b>52,5</b>	3,3	93,1	6,9	<b>4 - 8</b>	La granulometría de la muestra cumple con gradación DEL HUSO MAC-2	
< 200	-	108,7	6,9	100,0	0,0			

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla que se muestra líneas arriba, podemos observar que en el ensayo de **Extracción Cuantitativa de Asfalto en Mezclas para Pavimentos**, se determinó un **6,53 %** de contenido de cemento asfáltico y con respecto al ensayo **Análisis Mecánico de los Agregados Extraídos de las Mezclas (granulometría)**, se obtuvieron porcentajes de **36,8 % de grava, 56,3% de arena y 6,9 % de fino**. De acuerdo a estos resultados se deduce que no hay un buen desempeño estructural de la carpeta asfáltica existente, debido al exceso de cemento asfáltico, agregado fino y carente porcentaje de agregado grueso, siendo que está sea susceptible a sufrir ahuellamientos (deformación permanente) continuamente.

### 3.2.2. PROCEDIMIENTO DE EJECUCIÓN DEL FRESADO DEL PAVIMENTO DETERIORADO EN EL ÁREA DE INTERVENCIÓN

Es indispensable que antes de realizar el fresado del pavimento deteriorado, se deberá disponer de equipos como la fresadora, una barredora (bobcat) y una cisterna con agua.

El fresado se hará únicamente en las áreas de las zonas con ahuellamiento que sobresalen formando crestas. La finalidad del fresado es devolver el nivel antiguo de la rasante de construcción.

El procedimiento de ejecución del fresado con la máquina fresadora comprende los siguientes pasos:

- a) Antes de iniciar el fresado, se marcará el tramo a fresar.
- b) El tambor se hará bajar lentamente, hasta alcanzar el espesor de fresado; una vez nivelada la máquina, respetando la pendiente de bombeo, comenzará a avanzar.
- c) Los camiones se colocarán por delante de las máquinas avanzando a la misma velocidad que éstas, de modo que la cinta transportadora vierta siempre sobre la caja del camión.
- d) Una vez lleno el camión, la fresadora se detendrá hasta que otro camión haya ocupado el lugar del primero.
- e) Por detrás de las fresadoras trabajará una minibarredora, con el fin de eliminar toda la gravilla suelta de la calzada.
- f) Donde esté prevista una junta transversal de fresado, se procederá a levantar el tambor gradualmente, de modo que quede una transición lo más suave posible.
- g) En ningún caso se abrirá al tráfico un carril dejando un escalón lateral formado por una junta longitudinal de fresado.
- h) El material obtenido procedente del fresado se transportará a un Depósito de Material Excedente (DME) previamente autorizado para su posterior reciclado.
- i) Al final de cada jornada, una vez se haya sacado la máquina de la calzada, se procederá a revisar el estado del tambor y de las picas y a sustituir aquellas que lo precisen.
- j) Se contará en obra con un camión cisterna para rellenar el depósito de agua de las fresadoras.

A continuación en la figura 6. Se ilustra trabajos de ejecución de fresado en el pavimento deteriorado, correspondiente al área de intervención del km 45+800 al km 46+000 carril izquierdo.



Figura 6. Trabajos de fresado en el pavimento deteriorado  
Fuente: Elaboración Propia

### 3.3. PLAN EXPERIMENTAL.

En esta sección, se explica el plan experimental para evaluar el desempeño de la Mezcla Asfáltica en Caliente (M.A.C.) elaborada con el método Marshall y granulometría SUPERPAVE. La cual será probada con el ensayo de rueda de Hamburgo para medir su resistencia al ahuellamiento. Además de que para la elaboración de la M.A.C. los agregados pétreos han sido previamente evaluados mediante ensayos de caracterización física mecánica y ensayos químicos de acuerdo a los requisitos exigidos por la normatividad de las EG-2013; cabe indicar que a la Mezcla Asfáltica en Caliente incluye un 2% de cal hidratada y un 0.07% de aditivo mejorador de adherencia de nombre zycotherm el cual es añadido en peso del cemento asfáltico.

#### a) Los materiales e insumos

**-Cemento asfáltico:** Se seleccionó aquel clasificado como PEN 85/100 debido a las condiciones climáticas de la Oroya. La Oroya es una ciudad de clima frío con temperaturas promedio de 15°C y variaciones entre -3°C y 17°C entre invierno y verano (Senamhi) lo que conlleva a usar un cemento asfáltico tipo PEN 85/100 tal como se establece en la norma EG-2013.

**- Los agregados:** Son procedentes de la ciudad de Lima de las canteras Carapongo y Excalibur, los que la empresa CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C. utiliza en la actualidad para suministrar la producción de su Planta de Asfalto ubicada en el km 18+700 LD, en la carretera Central, tramo: La oroya - Jauja.

El agregado fino y grueso cumplen con los requerimientos de la norma EG – 2013. La combinación de agregados produjo una granulometría dimensionada como mezcla densa tipo MAC-2, que cumple con la granulometría SUPERPAVE para tamaño nominal máximo 12 mm, además cumple con el HUSO GRANULOMETRICO D-5 establecida en la norma ASTM D-3515 y satisfaciendo en ambos casos los requisitos granulométricos exigidos.

- **Filler o polvo mineral:** el filler a emplear es de tipo la cal hidratada y es proveída por la empresa Industria Minera Calcárea S.A. y es almacenada en el km 18+700 LD, en la carretera Central, tramo: La oroya - Jauja. La cal hidratada cumple con la norma AASHTO M-303

- **Aditivo Zycotherm:** es un organosilano de color amarillo pálido. Su principal función es mejorar la adherencia entre los agregados a menores temperaturas, pudiendo generar mezclas asfálticas a menores temperaturas con el mismo comportamiento. En la siguiente tabla (Ver tabla 5) se describe las especificaciones del aditivo que se va emplear para mejorar la adherencia en los agregados pétreos.

**Tabla 5.** Especificaciones del aditivo Zycotherm

Característica	Zycotherm
Apariencia	Líquido amarillo pálido
Densidad (25 °C)	1.01 g/mL
Punto de congelación	5-7 °C
Viscosidad a 25 °C	Menor de 300 cps
Solubilidad	Soluble en agua
Flamabilidad	Inflamable a 80 °C

*Fuente:* (Zydex Industries, s.a.)

#### b) Base de evaluación

La base de la evaluación fue mediante un diseño Marshall con granulometría SUPERPAVE considerando un tráfico pesado, con briquetas de 62.5mm de espesor y 100mm de diámetro. Inicialmente, se realizó un diseño Marshall preliminar obteniéndose como óptimo contenido de asfalto: 5.53%.

En cada briqueta se analizaron parámetros Marshall relacionados a la Resistencia (Estabilidad), Deformaciones plásticas (flujos), Porcentaje de Vacíos, Sensibilidad al agua (Estabilidades Retenidas), Densidades (Pesos Unitarios), etc. para verificar su posterior cumplimiento de acuerdo a las especificaciones técnicas establecidas en el Manual de Carreteras - EG-2013.

Además se realizó la evaluación de la Mezcla Asfáltica en Caliente por desempeño, con el fin de medir su resistencia al ahuellamiento a través del ensayo de la Rueda de Hamburgo.

### **3.4. ENSAYOS A LOS AGREGADOS**

#### **3.4.1 GRANULOMETRÍA**

Para determinar el huso granulométrico, se realizaron ensayos granulométricos individuales de los agregados finos y gruesos. Se tiene dos arenas de distinto tamaño y origen: Arena triturada  $<3/16''$  de la cantera Excalibur y Arena triturada  $<1/4''$  de la cantera Carapongo, igualmente se tiene dos tipos de Grava triturada del mismo origen, la Grava Triturada TM  $3/4''$  y la Gravilla triturada TM  $1/2''$  ambas de la cantera carapongo y filler mineral de tipo cal hidratada. A cada tipo de agregado se le realizó la caracterización física mecánica mediante análisis granulométrico por tamizado de acuerdo a la norma MTC E-204. Posteriormente, mediante la mezcla de agregados se obtuvo una combinación granulométrica usada para el diseño, la cual se explicará más adelante en la sección 3.6.

#### **3.4.2. PROCEDIMIENTO**

Para la realización del análisis granulométrico por tamizado, se realizó los siguientes pasos:

1. Seleccionar el grupo de tamices para el tipo agregado (grueso o fino) a ensayar.
2. Para el agregado grueso se seleccionó los tamices siguiendo el siguiente orden:  $3/4''$ ,  $1/2''$ ,  $3/8''$ , N°4, N°8, N°10 y Fondo y para el agregado fino se seleccionaron los siguientes tamices: N°4, N°8, N°10, N°16, N°30, N°40, N°50, N°80, N°100, N°200 y Fondo.
3. Mediante cuarteo se obtiene una muestra de agregado y se coloca en bandejas, para ser secadas en horno o estufa por 24 horas a una temperatura de  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$ .
4. Dentro de las 24 horas pasadas se saca las muestras y se deja enfriar por 10 minutos aproximadamente.
5. Para el agregado fino se deberá considerar que la muestra a ensayar después de secar no será menor a 300 gr, con la muestra seca se procede a lavar empleando el

tamiz N° 200 (abertura 0.074 mm), hasta que el agua de lavado sea cristalina. Luego el material retenido se coloca en un recipiente y se lleva al horno para su secado por 24 horas.

6. Para el agregado grueso de acuerdo a su tamaño máximo nominal ½”(12,5mm) se deberá considerar que la muestra a ensayar después de secar no será menor a 2 kg.
7. El agregado fino lavado y retenido en el tamiz N° 200 es sacado en horno y se deja enfriar; luego se pesa la muestra; así obtenemos el peso lavado y secado al horno.
8. La muestra según el tipo de agregado (grueso o fino) ya pesadas se hecha por la parte superior de los tamices que fueron colocadas uno tras el otro de acuerdo al tamaño de su abertura, luego se tapa la parte superior y se empieza a sacudir por un espacio de 10 min. Se debe tener cuidado de no perder material durante el zarandeo.
9. Luego se pesa el material retenido en cada tamiz según el tipo de agregado (grueso o fino) ensayado.

### 3.4.3. RESULTADOS DE LOS ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS DE LOS AGREGADOS GRUESOS, FINOS y FILLER.

A continuación se detallara en las siguientes tablas de resumen (Ver Tabla 6, Tabla 7, Tabla 8, Tabla 9 y Tabla 10) los resultados de la caracterización física mecánica de los agregados gruesos, finos y filler tipo cal hidratada. Para ver los certificados de los ensayos granulométricos de cada agregado ir al **Anexo B**.

**Tabla 6.** Resumen general propiedades físico-mecánicas de la mezcla de agregado grueso-Grava Triturada TM ¾” para asfalto - Cantera Carapongo

FECHA	CANTERA	GRANULOMETRÍA % QUE PASA							HUM.
		¾"	½"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 10	< N° 10	(%)
15/09/2018	Carapongo	100,0	65,1	37,0	1,9	0,2	0,12	0,0	1,4
15/09/2018	Carapongo	100,0	65,0	37,1	2,0	0,2	0,09	0,0	0,9
<b>PROMEDIO</b>		<b>100,0</b>	<b>65,1</b>	<b>37,0</b>	<b>1,9</b>	<b>0,2</b>	<b>0,10</b>	<b>0,0</b>	<b>1,1</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 7.** Resumen general propiedades físico-mecánicas del agregado grueso-Gravilla Triturada TM ½” para asfalto - Cantera Carapongo

FECHA	CANTERA	GRANULOMETRÍA % QUE PASA							HUM.
		¾"	½"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 10	< N° 10	(%)
15/09/2018	Carapongo	100,0	100,0	55,9	0,9	0,5	0,28	0,0	0,4
15/09/2018	Carapongo	100,0	100,0	54,3	0,6	0,2	0,13	0,0	0,9
<b>PROMEDIO</b>		<b>100,0</b>	<b>100,0</b>	<b>55,1</b>	<b>0,7</b>	<b>0,3</b>	<b>0,2</b>	<b>0,0</b>	<b>0,6</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 8.** Resumen general propiedades físico-mecánicas del agregado fino-Arena chancada para asfalto - Cantera Carapongo

FECHA	CANTERA	GRANULOMETRÍA % QUE PASA								HUM.
		3/8"	N° 4	N° 8	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200	(%)
15/09/2018	Carapongo	100,0	95,7	67,6	45,4	30,6	19,3	11,3	7,8	1,1
15/09/2018	Carapongo	100,0	98,3	68,0	38,1	21,9	15,8	10,0	5,9	1,5
17/09/2018	Carapongo	100,0	98,3	68,0	38,4	22,0	16,3	10,4	6,4	1,2
17/09/2018	Carapongo	100,0	97,4	63,4	47,0	31,2	19,5	11,7	7,6	1,0
18/09/2018	Carapongo	100,0	97,5	74,3	52,4	35,7	21,2	12,1	7,0	1,2
<b>PROMEDIO</b>		<b>100,0</b>	<b>97,4</b>	<b>68,3</b>	<b>44,3</b>	<b>28,3</b>	<b>18,4</b>	<b>11,1</b>	<b>6,9</b>	<b>1,2</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 9.** Resumen general propiedades físico-mecánicas del agregado fino-Arena chancada para asfalto - Cantera Excalibur

FECHA	CANTERA	GRANULOMETRÍA % QUE PASA								HUM.
		3/8"	N° 4	N° 8	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200	(%)
15/09/2018	Excalibur	100,0	99,6	76,7	51,5	35,3	20,6	13,6	10,9	0,5
15/09/2018	Excalibur	100,0	99,7	75,7	52,2	35,4	22,2	15,1	10,4	0,6
17/09/2018	Excalibur	100,0	99,6	78,2	54,6	37,7	22,4	14,2	10,7	0,3
17/09/2018	Excalibur	100,0	99,8	77,1	52,2	35,3	22,9	14,4	9,8	1,4
18/09/2018	Excalibur	100,0	99,5	74,5	50,4	34,0	21,2	13,6	9,6	1,3
<b>PROMEDIO</b>		<b>100,0</b>	<b>99,6</b>	<b>76,4</b>	<b>52,2</b>	<b>35,5</b>	<b>21,9</b>	<b>14,2</b>	<b>10,3</b>	<b>0,8</b>

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 10.** Resumen general propiedades físico-mecánicas de filler-Cal hidratada

FECHA	CANTERA	GRANULOMETRÍA % QUE PASA			HUM.
		N° 30	N° 50	N° 200	(%)
15/09/2018	Industria minera calcárea	100,0	96,4	82,4	0,8
15/09/2018	Industria minera calcárea	100,0	96,7	84,4	1,8
17/09/2018	Industria minera calcárea	100,0	96,9	85,4	1,1
17/09/2018	Industria minera calcárea	100,0	96,6	86,0	0,7
<b>PROMEDIO</b>		<b>100,0</b>	<b>96,6</b>	<b>84,5</b>	<b>1,1</b>

Fuente: Elaboración propia

### 3.4.4 OTROS ENSAYOS

Además, se realizaron ensayos relacionados a la calidad del agregado, como se lista a continuación:

- Durabilidad del agregado fino y grueso al sulfato de magnesio. Norma MTC E 209
- Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Ángeles. Norma MTC E 207.
- Ensayo de Adherencia del agregado grueso con el cemento asfáltico. Norma MTC E 517.
- Índice de Durabilidad del agregado fino y grueso. Norma MTC E 214.
- Ensayo para determinar las Partículas Chatas y Alargadas en el agregado grueso. Norma ASTM 4791.
- Ensayo para determinar el porcentaje de Caras Fracturadas en el agregado grueso. Norma MTC E 210.
- Sales Solubles Totales en agregados finos y gruesos para Pavimentos Flexibles. Norma MTC E 219.
- Ensayo de Absorción en el agregado grueso para Pavimentos Flexibles. Norma MTC E 206.
- Equivalente de Arena en el agregado fino. Norma MTC E 114.
- Valor de azul de metileno para arcillas, rellenos minerales y finos. Norma AASHTO TP-57.
- Ensayo para determinar la Angularidad del agregado fino. Norma MTC E 222.
- Límites de consistencia para determinar el índice de plasticidad del agregado fino con la mallas N° 40 y N° 200. Norma MTC E 111.
- Ensayo de Absorción en el agregado fino para Pavimentos Flexibles. Norma MTC E 205.
- Adhesividad de los ligantes bituminosos a los áridos finos (Procedimiento Riedel Weber). Norma MTC E 220.

### 3.4.4.1. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE CALIDAD DE LOS AGREGADOS PÉTREOS

En esta parte se dará a conocer el resultado obtenido de los ensayos de calidad realizados al agregado grueso y fino (Ver Tabla 11 y Tabla 12) respectivamente. Para ver los certificados de los ensayos de calidad realizados a los agregados ir al **Anexo C**.

**Tabla 11.** *Requerimientos de los agregados gruesos*

ENSAYOS	NORMA	REQUERIMIENTO		RESULTADO OBTENIDO*
		Altitud (m.s.n.m.)		
		≤ 3000	≥ 3000	
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18 % máx.	15 % máx.	5,6 %
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40 % máx.	35 % máx.	20,5 %
Adherencia	MTC E 517	+95	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 % mín.	35 % mín.	78,0 %
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.	3,3 %
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70	95/85
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5 % máx.	0,5 % máx.	0,06 %
Absorción	MTC E 206	1,0 % máx.	1,0 % máx.	0,89 %

*Fuente:* Tabla 423-01 (Manual de Carreteras; EG – 2013)

La notación “85/50” indica que el 85% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 50% tiene dos caras fracturadas.

\*El resultado obtenido es con respecto a la combinación de agregados pétreos (Grava TM ¾” con la gravilla TM ½” de la cantera carapongo).

Con respecto al resultado obtenido de los ensayos de calidad del agregado grueso, podemos observar que en la **Tabla 11. Requerimientos de los agregados gruesos**, se ha cumplido con todos los requerimientos exigidos para una altitud  $\geq 3000$  m.s.n.m. Por lo que haremos una interpretación de los resultados obtenidos de cada ensayo de acuerdo al orden mostrado en la tabla:

- Durabilidad (al sulfato de Magnesio), se ha obtenido un 5,6% lo cual significa que el agregado grueso muestra una dureza consistente para resistir la desintegración debido al tránsito, al clima y pérdida de cohesión al paso del tiempo.

- Abrasión Los Ángeles, se ha obtenido 20,5 % lo cual significa que tiene buena resistencia al desgaste físico-mecánico, por ende las partículas pétreas muestran resistencia adecuada a la fragmentación por su dureza física.
- Adherencia, se ha obtenido un “+95”, esto significa que el cemento asfáltico de tipo PEN 85/100 empleado en este ensayo tiene un excelente afinidad con el agregado grueso, por lo que se logrará retardar posibles desprendimientos de los áridos.
- Índice de Durabilidad, se ha obtenido 78,0 %, esto significa que el agregado grueso presenta un gran desempeño para resistir relativamente la degradación mecánica, ya que no generaría finos de arcilla perjudicial para la elaboración de la Mezcla Asfáltica en Caliente.
- Partículas chatas y alargadas, se ha obtenido 3,3%, esto significa que el agregado grueso presenta adecuada composición física-mecánica ya que carece de partículas de fácil fragmentación, por lo que ayudará a la resistencia de la Mezcla Asfáltica en Caliente en su elaboración.
- Caras fracturadas, se ha obtenido 95/85, esto significa que el 95% del agregado grueso tiene una cara fracturada y que el 85% tiene dos caras fracturadas, según estos valores se deduce que el agregado grueso ha tenido un buen control en la etapa de producción en la planta chancadora de trituración mecánica, con ello las partículas pétreas tendrán una adecuada contribución en la resistencia y performance de la Mezcla Asfáltica en Caliente para soportar los esfuerzos de compresión y tracción.
- Sales Solubles Totales, se ha obtenido un resultado de 0,06 %, este valor representa un mínimo porcentaje por lo que el agregado pétreo no tendrá riesgo perjudicial al ataque de sales ni mucho menos será un peligro para la adherencia de los áridos con el cemento asfáltico.
- Absorción, se ha obtenido un resultado de 0,89 %, cuyo valor no supera el 1.0 % máximo especificado, esto significa que el agregado grueso tendrá una adecuada afinidad de adherencia con el cemento asfáltico.

**Tabla 12. Requerimientos de los agregados finos**

ENSAYOS	NORMA	REQUERIMIENTO		RESULTADO OBTENIDO PARA LA ARENA TRITURADA CARAPONGO *	RESULTADO OBTENIDO PARA LA ARENA TRITURADA EXCALIBUR*
		Altitud (m.s.n.m.)			
		≤ 3000	≥ 3000		
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70	72 %	73 %
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40	43 %	42 %
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.	4,81	3,28
Índice de Plasticidad (malla N° 40)	MTC E 111	NP	NP	NP	NP
Durabilidad (al sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.	6,5 %	7,2 %
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 % mín.	35 % mín.	69 %	70 %
Índice de Plasticidad (malla N° 200)	MTC E 111	4 máx.	NP	NP	NP
Sales solubles Totales	MTC E 219	1,0 % máx.	1,0 % máx.	0,06 %	0,07 %
Absorción	MTC E 205	0,5 % máx.	0,5 % máx.	0,44 %	0,69 %

Fuente: Tabla 423-02 (Manual de Carreteras; EG – 2013)

\*Promedio de 2 a más ensayos.

Con respecto al resultado obtenido de los ensayos de calidad del agregado fino, podemos observar que en la **Tabla 12. Requerimientos de los agregados finos**, se ha cumplido con todos los requerimientos exigidos para una altitud  $\geq 3000$  m.s.n.m. Por lo que haremos una interpretación de los resultados obtenidos de cada ensayo de acuerdo al orden mostrado en la tabla:

- Equivalente de Arena, se ha obtenido resultados de 72,0% y 73,0% para las arenas trituradas de la cantera Carapongo y Excalibur respectivamente, lo cual significa que las arenas presentan un menor porcentaje de finos nocivos y están limpias de impurezas orgánicas perjudiciales para la elaboración de la Mezcla Asfáltica en Caliente.
- Angularidad del agregado fino, se ha obtenido resultados de 43,0% y 42,0% para las arenas trituradas de la cantera Carapongo y Excalibur

respectivamente, lo cual significa que las arenas tienen un alto grado de fricción interna, por lo que mejorará el desempeño de la Mezcla Asfáltica en Caliente y así evitar la formación prematura del ahuellamiento o roderas en la carpeta asfáltica.

- Azul de metileno, se ha obtenido resultados de 4,81 y 3,28 mg/g para las arenas trituradas de la cantera Carapongo y Excalibur respectivamente, lo cual significa que las arenas tienen un excelente desempeño anticipado en la Mezcla Asfáltica en Caliente, debido a la presencia de una baja cantidad de arcillas dañinas y materia orgánica.
- Índice de Plasticidad (malla N° 40), se ha obtenido resultados de NP para ambas arenas trituradas de la cantera Carapongo y Excalibur respectivamente, lo cual significa que estos agregados finos no presentan plasticidad, ni porcentaje de finos perjudiciales para la elaboración de la Mezcla Asfáltica en Caliente.
- Durabilidad (al sulfato de Magnesio) se ha obtenido resultados de 6,5% y 7,2% para las arenas trituradas de la cantera Carapongo y Excalibur respectivamente, lo cual significa que el agregado fino muestra una dureza consistente para resistir la desintegración debido al tránsito, al clima y pérdida de cohesión al paso del tiempo.
- Índice de Durabilidad, se ha obtenido resultados de 69% y 70% para las arenas trituradas de la cantera Carapongo y Excalibur respectivamente, esto significa que los agregados finos presentan un gran desempeño para resistir relativamente la degradación mecánica, ya que no generaría finos de arcilla perjudicial para la elaboración de la Mezcla Asfáltica en Caliente.
- Índice de Plasticidad (malla N° 200), se ha obtenido resultados de NP para ambas arenas trituradas de la cantera Carapongo y Excalibur respectivamente, lo cual significa que estos agregados finos no presentan plasticidad, ni porcentaje de finos perjudiciales para la elaboración de la Mezcla Asfáltica en Caliente.
- Sales solubles Totales, se ha obtenido resultado de 0,06% y 0,07% para las arenas trituradas de la cantera Carapongo y Excalibur respectivamente, estos valores representan un mínimo porcentaje por lo que la mezcla asfáltica no tendrá riesgo perjudicial al ataque de sales ni mucho menos será

un peligro en la propiedad es de adherencia de los áridos con el cemento asfáltico.

- Absorción, se ha obtenido valores de 0,44% y 0,69% para las arenas trituradas de la cantera Carapongo y Excalibur respectivamente, cuyo valor con respecto a la arena triturada de la cantera Carapongo no supera el 0.5 % máximo especificado, esto significa que la arena triturada de esta cantera tendrá una adecuada afinidad de adherencia con el cemento asfáltico; sin embargo para la arena triturada de la cantera Excalibur si supera el 0,5 % máximo especificado, representando una falencia para la afinidad de adherencia con el cemento asfáltico; empero a estas limitaciones es que se utiliza el aditivo mejorador de adherencia denominado zycotherm.

### 3.5. PROCEDIMIENTO PARA LA COMBINACIÓN DE AGREGADOS CON GRANULOMETRÍA SUPERPAVE

Partiendo de que ya contamos con la caracterización física-mecánica obtenida mediante análisis granulométrico por tamizado y contando con las granulometrías individuales de todos los agregados que intervienen en la elaboración de la Mezcla Asfáltica en Caliente, tales como: Grava Triturada TM ¾"-cantera Carapongo, Gravilla Triturada TM ½"-cantera Carapongo, Arena Triturada TM 3/16"-cantera Carapongo, Arena Triturada TM ¼"-cantera Excalibur y filler de tipo cal hidratada; se procede a realizar una combinación teórica de todos los agregados, considerando la distribución de porcentajes que en su conjunto todos sumen 100%, para ello se utiliza el programa Excel, en la cual se elabora una tabla con fórmulas para que realice los cálculos de los cuales se obtiene los porcentajes para cada agregado antes mencionado; considerando que el tamaño máximo nominal del agregado que se tiene es de ½" (12.5 mm), por lo que se utilizará la especificación granulométrica que SUPERPAVE exige para ese tamaño, la cual esta detallada en la siguiente tabla (Ver Tabla 13):

**Tabla 13.** Graduación de tamaño nominal máximo de 12,5 mm

Tamaño del tamiz mm	Puntos de control		Zona restringida		Tolerancia
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
19,00	-	100,0	-	-	-
12,50	90,0	100,0	-	-	-
9,50	-	90,0	-	-	-
4,75	-	-	-	-	(6)
2,36	28,0	58,0	39,1	39,1	(6)
1,18	-	-	25,6	31,6	-

Tamaño del tamiz mm	Puntos de control		Zona restringida		Tolerancia
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	
0,600	-	-	19,1	23,1	(4)
0,300	-	-	15,5	15,5	(3)
0,075	2,0	10,0	-	-	(2)

Fuente: Delgado et al., (2006) Influencia de la Granulometría en las Propiedades volumétricas de la Mezcla Asfáltica, Publicación técnica N° 299.

Para el cálculo de las combinaciones de los agregados y verificar si ésta cumple con los parámetros mínimo y máximo de la zona restringida; así como si encaja dentro de los puntos de control, se debe seguir el siguiente procedimiento: se tiene los promedios de los porcentajes que pasan de cada una de los agregados que conforman la combinación, luego se procede a asignar por tanteo un porcentaje a cada agregado, la sumatoria de los porcentajes deberá ser el 100 por ciento, como se muestra a continuación (Ver Tabla 14):

**Tabla 14.** Porcentaje por agregados para la combinación granulométrica

Filler Call hidratada	Arena Triturada Excalibur < 3/16"	Arena Triturada Carapongo < 1/4"	Grava Triturada Carapongo 3/4" - 1/2"	Gravilla Triturada Carapongo 3/4" - 1/2"	Total Agregados
2,0%	13,0%	30,0%	15,0%	40,0%	100,0%

Fuente: Elaboración propia

El porcentaje de cada agregado para la combinación es multiplicado por el “porcentaje que pasa” de la granulometría individual de cada agregado, luego se ejecuta la suma de los cuatro porcentajes, obteniendo así el valor del “porcentaje que pasa” para cada tamiz, lo cual corresponde al valor de la granulometría de la combinación teórica, esta se deberá verificar si cumple dentro de la especificación de la granulometría convencional Marshall y SUPERPAVE, la cual corresponde para nuestra investigación la **Graduación de tamaño nominal máximo de 12,5 mm**. Si el valor del “porcentaje que pasa”, de cualquier tamiz no encaja dentro del rango establecido por la especificación o cae dentro de la zona restringida, significa que la combinación granulométrica en los porcentajes de agregados no cumple con la especificación por lo que se deberá reajustar los porcentajes hasta conseguir valores que cumplan con lo requerido para cada tamiz según su especificación.

En las tablas siguientes (Ver Tabla 15 y Tabla 16) se muestran los resultados de una hoja de cálculo, la combinación que cumple con la especificación granulométrica ASTM D 3515 y la **Graduación SUPERPAVE para Agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm** respectivamente. Para ver el detalle de Las gráficas de los husos granulométricos de la combinación de agregados ir al **Anexo D**.

**Tabla 15. Resultados de la Combinación Teórica de Agregados para Mezcla Asfáltica en Caliente**

TAMICEZ		Fajas por agregados a intervenir					Mezcla MAC-2		
		Filler Call hidratada	Arena Triturada	Arena Triturada	Grava Triturada	Gravilla Triturada	Comb. Teórica	Especific.	
			Excalibur	Carapongo	Carapongo	Carapongo		ASTM D 3515	
			< 3/16"	< 1/4"	< 3/4" - 1/2"	< 1/2"			
		2,0%	13,0%	30,0%	15,0%	40,0%			
11/2"	38,100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	-	-
1	25,400	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	100,0	-	-
3/4"	19,050	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100	100
1/2"	12,700	100,0	100,0	100,0	65,1	100,0	94,8	90	100
3/8"	9,525	100,0	100,0	100,0	37,0	55,1	72,6	-	-
# 4	4,760	100,0	99,5	97,4	1,9	0,7	44,7	44	74
# 8	2,360	100,0	74,5	68,3	0,2	0,3	32,6	28	58
# 10	2,000	-	-	-	-	-	-	-	-
# 16	1,180	100,0	50,4	44,3	0,1	0,2	22,1	-	-
# 30	0,600	100,0	34,0	28,3	0,0	0,2	14,3	-	-
# 40	0,420	-	-	-	-	-	-	-	-
# 50	0,300	96,6	21,2	18,4	0,0	0,1	9,7	5	21
# 80	0,177	-	-	-	-	-	-	-	-
# 100	0,150	96,6	13,6	11,1	0,0	0,1	7,0	-	-
# 200	0,075	84,5	9,6	6,9	0,0	0,1	5,1	2	10

Fuente: Elaboración propia (ANEXO D)

Los resultados de la Combinación Teórica de Agregados para Mezcla Asfáltica en Caliente, están representadas en graficas una que representa granulométricamente la combinación teórica de agregados con huso granulométrico D-5 (MAC-2) norma ASTM D 3515 (Ver Figura 7) y otra que representa la combinación granulométrica SUPERPAVE para agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm (Ver Figura 8).

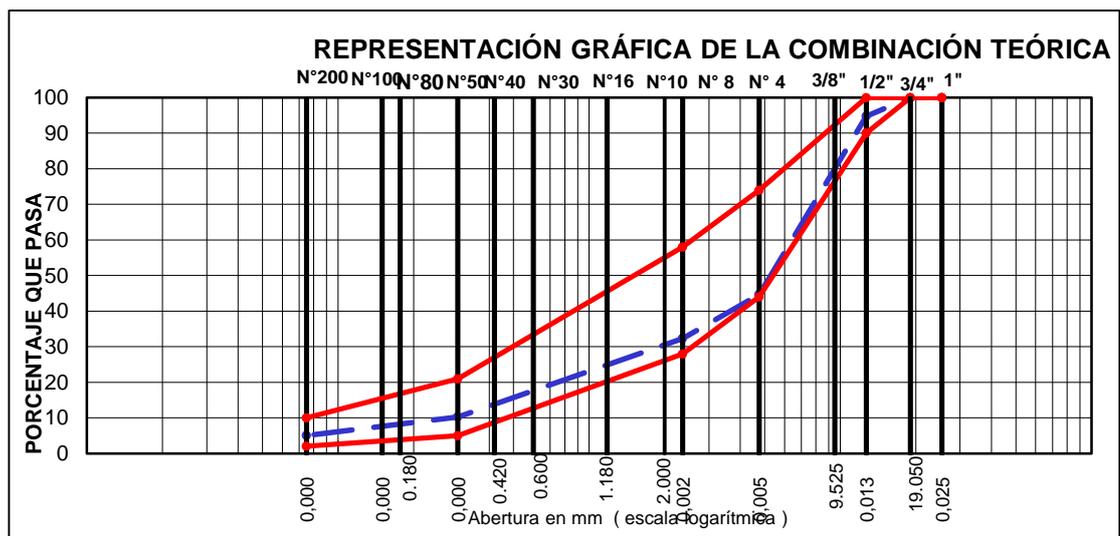


Figura 7. Representación granulométrica de la combinación teórica de agregados con huso granulométrico D-5 (MAC-2) norma ASTM D 3515.

Fuente: Elaboración propia (ANEXO D)

**Tabla 16. Resultado de la Graduación SUPERPAVE para Agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm (combinación teórica)**

Tamices			Puntos De Control		Zona de Restricción		Fórmula De Mezcla	Tolerancia
ASTM	mm	$\text{Æ}^{0,45}$						
			Min.	Max.	Min.	Max.		
1"	25,40	4,287	-	-	-	-	100,0	-
3/4"	19,00	3,762	100,0	100,0	-	-	100,0	-
1/2"	12,50	3,116	90,0	100,0	-	-	94,8	-
3/8"	9,500	2,754	-	-	-	-	72,6	-
n° 4	4,750	2,016	-	-	-	-	44,7	[6]
n° 8	2,360	1,472	28,0	58,0	39,1	39,1	32,3	[6]
n° 10	2,00	1,366	-	-	-	-	-	-
n° 16	1,180	1,077	-	-	25,6	31,6	21,9	-
n° 30	0,600	0,795	-	-	19,1	23,1	15,0	[4]
n° 40	0,420	0,677	-	-	-	-	-	-
n° 50	0,300	0,582	-	-	15,5	15,5	10,3	[3]
n° 80	0,177	0,459	-	-	-	-	-	-
n° 100	0,150	0,426	-	-	-	-	7,1	-
n° 200	0,075	0,312	2,0	10,0	-	-	5,1	[2]

Fuente: Elaboración propia (ANEXO D)

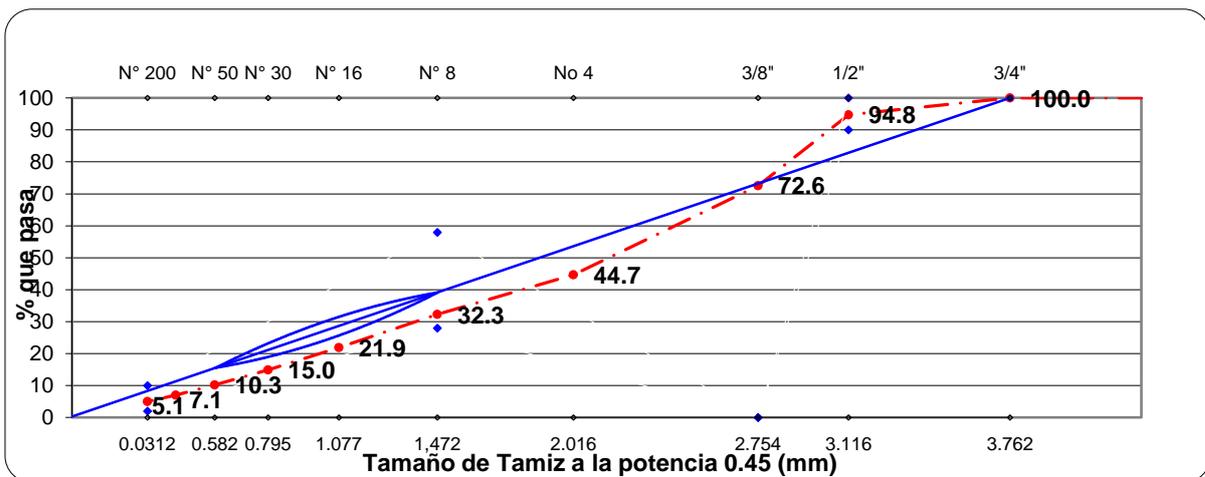


Figura 8. Representación de la combinación granulométrica SUPERPAVE para agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm (combinación teórica) norma ASTM D 3515.

Fuente: Elaboración propia (ANEXO D)

### 3.6. COMPROBACIÓN GRANULOMÉTRICA

Habiendo obtenido los porcentajes para cada uno de los agregados que intervendrán en la Mezcla Asfáltica en Caliente mediante la combinación teórica, se procede a realizar una comprobación granulométrica, mediante una combinación física y para ello se sigue los siguientes procedimientos:

1. Para obtener una combinación física para una muestra de 14320 g que sirva para realizar el ensayo granulométrico se debe realizar los siguientes cálculos:

Grava Triturada-Carapongo 3/4"-1/2"	<b>15,0%</b>	0,15	x	14320 g	=	2148,0
Gravilla Triturada-Carapongo 1/2"	<b>40,0%</b>	0,40	x	14320 g	=	5728,0
Arena Triturada - Carapongo <1/4"	<b>30,0%</b>	0,30	x	14320 g	=	4296,0
Arena Triturada - Excalibur < 3/16"	<b>13,0%</b>	0,13	x	14320 g	=	1861,6
Filler Mineral - Cal Hidratada	<b>2,0%</b>	0,02	x	14320 g	=	286,4
	<b>100,0%</b>					<b>14320 g</b>

2. Habiendo realizado los cálculos se procede a pesar las proporciones de las cantidades obtenidas en gramos de cada proporción de los porcentajes para cada agregado y se mezcla para preparar así la combinación física. (Ver figura 9)



*Figura 9. Pesaje de agregados para combinación física-Diseño Método Marshall.  
Fuente: Elaboración Propia*

3. Seguidamente a la combinación física de masa total ya mezclada (ver figura 10) con peso total de 14 320 g se la tamiza con la malla N° 4, para separar el agregado grueso del fino, ya que todo material que es retenido en la malla N°4 se denomina fracción gruesa (grava) y el pasante fracción fina (Arena), pesando cada fracción se obtuvo un peso de fracción gruesa de 7823 g y fracción fina de 6497 g; que en porcentajes granulométricos representan el 54,6 % de grava y 45,4 % de arena.



Figura 10. Mezcla total de agregados (combinación física)-Diseño Método Marshall

Fuente: Elaboración Propia

4. Posteriormente se realiza el análisis granulométrico por tamizado de cada fracción, para la fracción gruesa se emplea las mallas  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{8}$ " y N° 4, para lo cual se registra los pesos retenidos en cada malla; por otro lado para la fracción fina de la masa total se extrae por cuarteo una muestra de la cual se toma nota de su peso (706,2 g), a la muestra de fracción fina se la somete a lavado empleando la malla N° 200, luego se seca al horno a una temperatura de 110 °C, después del secado se deja enfriar hasta que tenga un peso constante y se registra su peso (635,1 g); para seguidamente realizar el tamizado con las mallas N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200, registrando el peso retenido en cada malla.
5. Finalmente se realiza los cálculos para la comprobación física de la granulometría, de cada fracción (gruesa y fina).

Para obtener el porcentaje retenido de cada tamiz de la fracción gruesa ( $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{8}$ " y N° 4), la fórmula es la siguiente:

$$\% \text{ retenido} = \frac{\text{peso retenido}}{\text{Peso total}} \times 100$$

Para obtener el porcentaje acumulado de cada tamiz de la fracción gruesa ( $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{8}$ " y N° 4), la fórmula es la siguiente:

$$\% \text{ acumulado} = \% \text{ retenido} + \% \text{ acumulado del tamiz superior}$$

Para obtener el porcentaje que pasa de cada tamiz de la fracción gruesa ( $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{1}{2}$ ",  $\frac{3}{8}$ " y N° 4), la fórmula es la siguiente:

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \% \text{ acumulado}$$

Para obtener el porcentaje retenido de cada tamiz de la fracción fina (N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200), la fórmula es la siguiente:

$$\% \text{ retenido} = \frac{\text{peso retenido} \times \% \text{ que pasa del tamiz } N^{\circ} 4}{\text{Peso de fracción}}$$

Para obtener el porcentaje acumulado de cada tamiz de la fracción fina (N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200), la fórmula es la siguiente:

$$\% \text{ acumulado} = \% \text{ retenido} + \% \text{ acumulado del tamiz superior}$$

Para obtener el porcentaje que pasa de cada tamiz de la fracción fina (N°8, N°16, N°30, N°50, N°100 y N°200), la fórmula es la siguiente:

$$\% \text{ que pasa} = 100 - \% \text{ acumulado}$$

6. Los resultados obtenidos de la granulometría se muestra en la siguiente tabla (Ver Tabla 17) Para ver el detalle de Las gráficas de los husos granulométricos de la combinación física de agregados ir al **Anexo E**.

**Tabla 17.** Resultados de la Combinación física de Agregados para Mezcla Asfáltica en Caliente

TAMIZ	Abertura	PESO	PORCENTAJES			ESPECIFIC.	Peso Total	14 320 g
ASTM	mm	retenido	% retenido	% acumulado	% que pasa	ASTM D 3515	Peso De Fracción (AENA)	706,2 g
1"	25,400	<b>0,0</b>	0,0	0,0	100,0	-	-	-
3/4"	19,050	<b>0,0</b>	0,0	0,0	100,0	<b>100 - 100</b>	-	-
1/2"	12,700	<b>997,0</b>	7,0	7,0	93,0	<b>90 - 100</b>	Porcentaje de agregados en la granulometría tenemos:	53,6 %
3/8"	9,525	<b>2631,0</b>	18,4	25,4	74,6	-		
N°4	4,760	<b>4041,0</b>	28,2	53,6	46,4	<b>44 - 74</b>	% Grava	41,7 %
N°8	2,360	<b>152,1</b>	10,0	63,6	36,4	<b>28 - 58</b>	% Arena	4,7 %
N°10	2,000	-	-	-	-	-	% fino	-
N°16	1,180	<b>181,2</b>	11,9	75,5	24,5	-	-	-
N° 30	0,600	<b>135,2</b>	8,9	84,4	15,6	-	-	-
N° 40	0,420	-	-	-	-	-	-	-
N° 50	0,300	<b>42,2</b>	2,8	87,2	12,8	<b>5 - 21</b>	-	-
N° 80	0,177	-	-	-	-	-	-	-
N° 100	0,150	<b>89,0</b>	5,8	93,0	7,0	-	-	-
N° 200	0,075	<b>35,4</b>	2,3	95,3	4,7	<b>2 - 10</b>	-	-
< 200	-	71,1	4,7	100,0	0,0	-	-	-

Fuente: Elaboración Propia (ANEXO E)

Los valores mostrados en la tabla anterior son representados en la siguiente gráfica (Ver Figura 11)

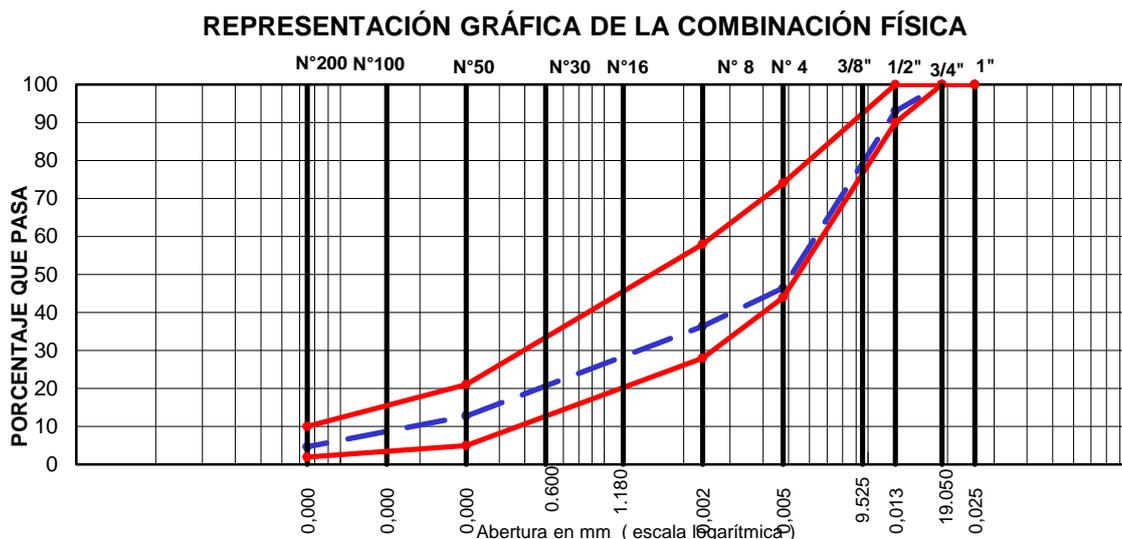


Figura 11. Representación granulométrica de la combinación física de agregados con huso granulométrico D-5 (MAC-2) norma ASTM D 3515.

Fuente: Elaboración propia (ANEXO E)

- Habiendo hecho los cálculos para la granulometría convencional que cumple con huso el granulométrico D-5 (MAC-2) norma ASTM D 3515, se procede a plasmar en la gráfica de fuller la granulometría SUPERPAVE para evaluar el cumplimiento de acuerdo a los mecanismos de control (puntos de control y zona restringida) exigidas por la metodología SUPERPAVE (SUPERior PERforming Asphalt PAVements).

La representación de la curva granulométrica dentro de la **Graduación SUPERPAVE para agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm**, en la gráfica de fuller consiste antes que nada en realizar un cálculo con las aberturas de los tamices, para ello cada abertura en milímetros de cada tamiz interviniente se eleva al exponente 0,45. La fórmula a aplicar es la siguiente:

$$AberturaElevada = (Abertura\ de\ Tamiz)^{0,45}$$

Por ejemplo si deseo elevar al exponente 0,45 la abertura del tamiz N° 10 (2,00 m) la operación sería:

$$AberturaElevada = (2,00)^{0,45}$$

$$AberturaElevada = 1,366$$

Después de operar el cálculo para cada tamiz se procede a ordenar en la gráfica de fuller los valores para **las ordenadas**, los cuales representan a los porcentajes que pasan, en escala aritmética y los valores de las abscisas representan las aberturas de los tamices en mm, elevadas a la potencia 0.45.

Por ejemplo: en la Figura 12. Se muestra cómo se calcula el valor de la abscisa. Para la malla N° 4 de 4.75mm se grafica como 2.02.

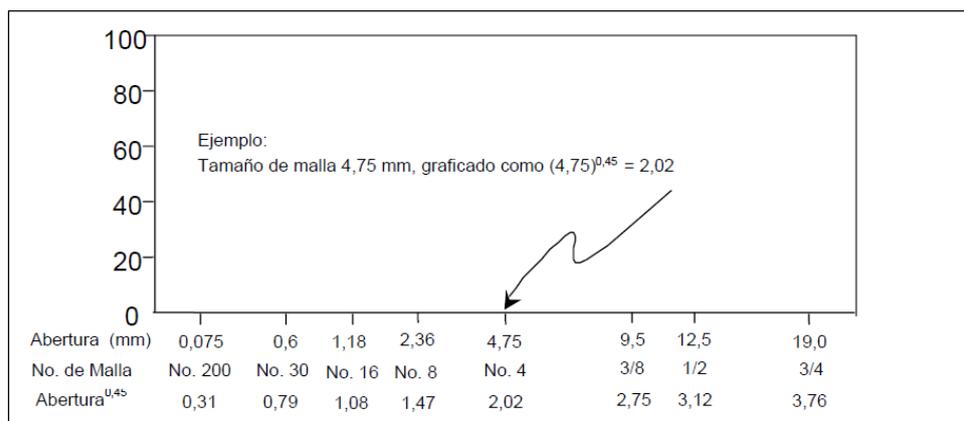


Figura 12. Representación de cómo se grafican las abscisas

Fuente: Delgado et al., (2006) Influencia de la Granulometría en las Propiedades volumétricas de la Mezcla Asfáltica, Publicación técnica N° 299.

- Los resultados obtenidos para la granulometría SUPERPAVE se muestra en la tabla 18. Para ver el detalle de Las gráficas de los husos granulométricos de la combinación física de agregados ir al **Anexo E**.

**Tabla 18.** Resultado de la Graduación SUPERPAVE para Agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm (combinación física)

T a m i c e s			Puntos De Control		Zona de Restricción		Fórmula De Mezcla	Tolerancia
ASTM	Abertura (mm)	Abertura Elevada $\bar{A}^{0,45}$	Min.	Max.	Min.	Max.		
1"	25,40	4,287	-	-	-	-	100,0	-
3/4"	19,00	3,762	100,0	100,0	-	-	100,0	-
1/2"	12,50	3,116	90,0	100,0	-	-	93,0	-
3/8"	9,500	2,754	-	-	-	-	74,6	-
n° 4	4,750	2,016	-	-	-	-	46,4	[6]
n° 8	2,360	1,472	28,0	58,0	39,1	39,1	36,4	[6]
n° 10	2,00	1,366	-	-	-	-	-	-
n° 16	1,180	1,077	-	-	25,6	31,6	24,5	-
n° 30	0,600	0,795	-	-	19,1	23,1	15,6	[4]
n° 40	0,420	0,677	-	-	-	-	-	-
n° 50	0,300	0,582	-	-	15,5	15,5	12,8	[3]
n° 80	0,177	0,459	-	-	-	-	-	-
n° 100	0,150	0,426	-	-	-	-	7,0	-
n° 200	0,075	0,312	2,0	10,0	-	-	4,7	[2]

Fuente: Elaboración propia (ANEXO E)

Los resultados de la Combinación Física de Agregados para Mezcla Asfáltica en Caliente, están representadas en graficas una que representa granulométricamente la combinación teórica de agregados con huso granulométrico D-5 (MAC-2) norma ASTM D 3515 (Ver Figura 11) y otra que representa la combinación granulométrica SUPERPAVE para agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm (Ver figura 13).

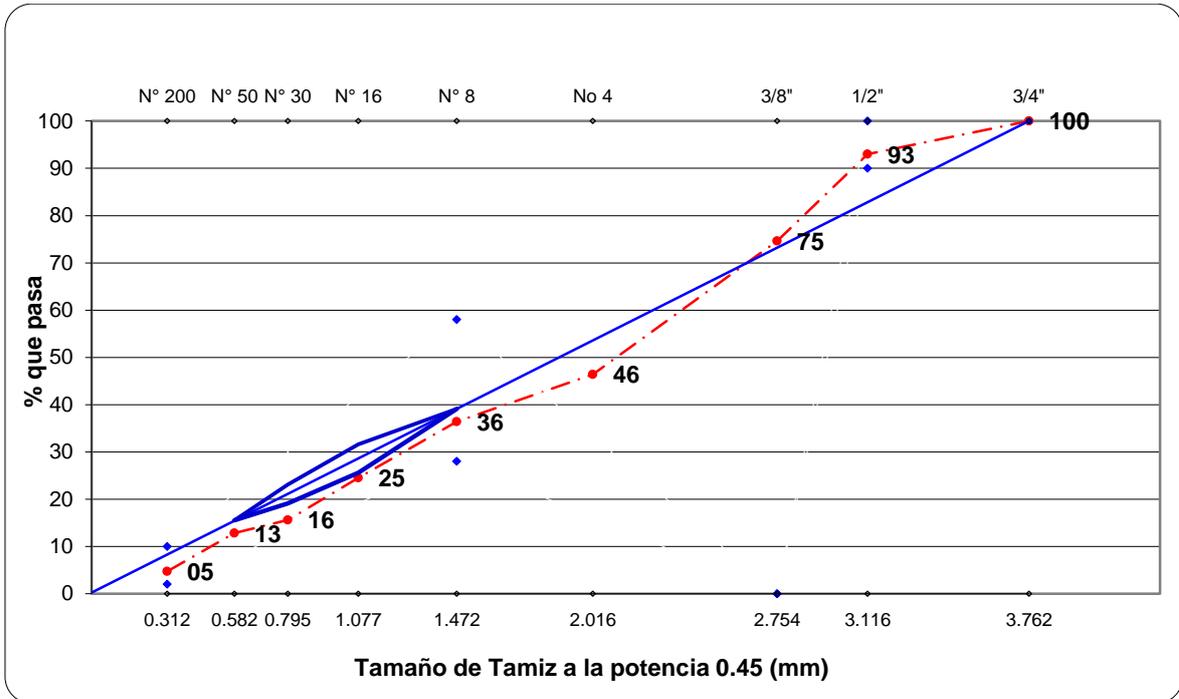


Figura 13. Representación de la combinación granulométrica SUPERPAVE para agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm (combinación física)

Fuente: Elaboración propia (ANEXO E)

De la comprobación granulométrica SUPERPAVE para agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm mediante la combinación física de los agregados para diseño de mezclas asfálticas y analizando el resultado en la figura 13. Se puede observar como la granulometría de la combinación física, no cae fuera de los puntos de control y además está por debajo de la zona restringida, por lo que se llega a la conclusión que el análisis granulométrico cumple con las exigencias de la especificación requerida por la metodología SUPERPAVE nivel 1.

Por lo tanto con estos resultados favorables se procederá a realizar la dosificación de agregados para la elaboración del diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente con el método Marshall y granulometría SUPERPAVE.

### 3.7. PROCEDIMIENTO PARA CALCULAR LA DOSIFICACIÓN DE AGREGADOS Y ASFALTO PARA LA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS CON EL MÉTODO MARSHALL Y GRANULOMETRÍA SUPERPAVE.

El procedimiento realizado para la dosificación de agregados se ha sido realizado en concordancia con lo recomendado en la norma ASTM D1559, la cual rige el procedimiento de elaboración de las briquetas por el método Marshall para posteriormente ser ensayadas y determinar sus pesos específicos, contenidos de vacíos de aire (V.A.), vacíos en el agregado mineral (V.M.A.), vacíos llenos de asfalto (V.F.A.), resistencia a la Estabilidad y Flujo. A continuación se detalla en la tabla 19(a) y 19 (b) los resultados de los cálculos de la dosificación de agregado y contenido de cemento asfáltico para la elaboración de las briquetas.

**Tabla 19 (a).** Resultados de cálculo para la dosificación de agregado y contenido de cemento asfáltico para la elaboración de briquetas.

Tamiz	% Que Pasa (A)	% Ret. Acum. (B)	% Ret. Parc. (C)	Peso de Agregado por contenido de Cemento Asfáltico (%)			
				4,5% (CA)		5,0% (CA)	
				w <sub>i</sub> (gr)	WAcum. (gr)	w <sub>i</sub> (gr)	WAcum. (gr)
3/4"	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/2"	93,0	7,0	7,0	82,2	82,2	81,8	81,8
3/8"	74,6	25,4	18,4	216,1	298,4	215,0	296,8
Nº 4	46,4	53,6	28,2	331,3	629,6	329,5	626,3
Nº 8	36,4	63,6	10,0	117,5	747,1	116,9	743,2
< Nº 8		100,0	36,4	427,6	1174,7	425,3	1168,5
<b>Cantidad de Cemento Asfáltico (d)</b>			gr	<b>55,35</b>		<b>61,50</b>	
<b>Cantidad de agregado (e)</b>				1174,65		1168,50	
<b>Peso de la briketa (W)</b>			Gr	1230,0		1230,0	
<b>Verificación</b>			Gr	1230,0		1230,0	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 19 (b).** Resultados de cálculo para la dosificación de agregado y contenido de cemento asfáltico para la elaboración de briquetas

Tamiz	% Que Pasa (A)	% Ret. Acum. (B)	% Ret. Parc. (C)	Peso de Agregado por contenido de Cemento Asfáltico (%)					
				5,5% (CA)		6,0% (CA)		6,5% (CA)	
				w <sub>i</sub> (gr)	WAcum. (gr)	w <sub>i</sub> (gr)	WAcum. (gr)	w <sub>i</sub> (gr)	WAcum. (gr)
3/4"	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/2"	93,0	7,0	7,0	81,4	81,4	80,9	80,9	80,5	80,5
3/8"	74,6	25,4	18,4	213,9	295,2	212,7	293,7	211,6	292,1
Nº 4	46,4	53,6	28,2	327,8	623,0	326,0	619,7	324,3	616,4

Tamiz	% Que Pasa (A)	% Ret. Acum. (B)	% Ret. Parc. (C)	Peso de Agregado por contenido de Cemento Asfáltico (%)					
				5,5% (CA)		6,0% (CA)		6,5% (CA)	
				w <sub>i</sub> (gr)	WAcum. (gr)	w <sub>i</sub> (gr)	WAcum. (gr)	w <sub>i</sub> (gr)	WAcum. (gr)
Nº 8	36,4	63,6	10,0	116,2	739,3	115,6	735,3	115,0	731,4
< Nº 8		100,0	36,4	423,1	1162,4	420,9	1156,2	418,6	1150,1
<b>Cantidad de Cemento Asfáltico (d)</b>			Gr	<b>67,65</b>		<b>73,80</b>		<b>79,95</b>	
<b>Cantidad de agregado (e)</b>				1162,35		1156,20		1150,05	
<b>Peso de la briqueta (W)</b>			Gr	1230,0		1230,0		1230,0	
<b>Verificación</b>			Gr	1230,0		1230,0		1230,0	

Fuente: Elaboración propia

De las tablas 19 (a) y 19 (b) se tiene que:

- El “% Que pasa” (A), para cada tamiz es obtenido de la granulometría de la combinación física realizada en la comprobación.
- El “% Ret. Acum” (B), para cada tamiz se obtiene mediante la sustracción del 100 % del “% Que pasa” (A) del tamiz de Tamaño Máximo (ATM) menos el “% Que pasa” (A) del tamiz de Tamaño Máximo Nominal (ATMN). **Ejemplo:**

- El “% Ret. Acum” para el tamiz ¾” , está dada por la siguiente fórmula;  
 $B = ATM - ATMN$ , operando se tiene:

$$B = 100,0 - 100,0$$

$$B = 0,0$$

- El “% Ret. Acum” para el tamiz ½” , está dada por la siguiente fórmula;  
 $B = ATM - ATMN$ , operando se tiene:

$$B = 100,0 - 93,0$$

$$B = 7,0$$

- Seguir el mismo procedimiento de cálculo para los demás tamices.

- El “% Ret. Parc.” (C), para cada tamiz se obtiene mediante la sustracción del “% Ret. Acum” (B) del tamiz de Tamaño Máximo (BTM) con el “% Ret. Acum” (B) del tamiz de Tamaño Máximo Nominal (BTMN).

**Ejemplo:**

- El “% Ret. Parc.”(C) para el tamiz ¾” , está dada por la siguiente fórmula;  
 $C = BTM - BTMN$ , operando se tiene:

$$C = 0,0 - 0,0$$

$$C = 0,0$$

- El “% Ret. Parc.” (C) para el tamiz ½”, está dada por la siguiente fórmula;  
C= BTMN - BTM -, operando se tiene:

$$C=7,0 - 0,0$$

$$C=7,0$$

- El “% Ret. Parc.” (C) para el tamiz 3/8”, está dada por la siguiente fórmula; C= BTMN - BTM -, operando se tiene:

$$C=25,4 - 7,0$$

$$C=18,4$$

- Seguir el mismo procedimiento de cálculo para los demás tamices.
- Para hallar el **Peso retenido de Agregado por contenido de Cemento Asfáltico (%) para cada tamiz (wi)** se debe operar con la siguiente fórmula.

$$wi = \frac{(W - d - e) \times C}{100}$$

- Para hallar el **Peso retenido acumulado de Agregado por contenido de Cemento Asfáltico (%) para cada tamiz (WAcum.)** se debe operar con la siguiente fórmula.

$$WAcum. = WAcum. + wi$$

- Para hallar la “**Cantidad de cemento asfáltico**” (d), para cada peso de Agregado por contenido de Cemento Asfáltico (%) se multiplica el peso de la briqueta por el contenido de cemento asfáltico y se divide entre 100. Aplicar la fórmula siguiente:

$$d = \frac{(W \times CA)}{100}$$

- Para hallar la “**Cantidad de agregado**” (e), para cada contenido de Cemento Asfáltico (%) se multiplica el peso de la briqueta por el contenido de cemento asfáltico y se divide entre 100. Aplicar la fórmula siguiente:

$$e = \frac{(100 - d) \times W}{100}$$

Para explicar el cálculo del porcentaje de 4,5 % de Cemento Asfáltico (C.A.) se detalla el siguiente ejemplo:

Peso de briqueta (W) = 1230,0 g

1230,0 g --> 1230,0 x **4,5 %** / **100** = 55,35 g cantidad de C.A. (d)

1230,0 x **95.5 %** / **100** = 1174,65 g cantidad de agregado

**100.0 %**

**1230,00** g peso total en la mezcla

Por otro lado para cada contenido de cemento Asfáltico (C.A.) de 4,5%; 5,0%; 5,5%; 6,0%; y 6,5% se dosificará una porción de mezcla asfáltica de aproximadamente 1550 g, para determinar la Máxima Densidad Teórica (RICE), la cual se deberá dejar en condición suelta. Los cálculos para las diferentes dosificaciones para la mezcla de Máximas Densidades Teóricas (RICE) de acuerdo a su porcentaje de contenido de cemento asfáltico se realizan de la misma manera explicada en las secciones anteriores para las tablas 19 (a) y 19 (b). A continuación se muestra las tablas 20 (a) y 20 (b) en las que se detallan las dosificaciones para elaborar mezcla para determinar la Máxima Densidad Teórica (RICE):

**Tabla 20 (a).** Resultados de cálculo para la dosificación de agregado y contenido de cemento asfáltico para la elaboración de mezcla para determinar la Máxima Densidad Teórica (RICE).

Tamiz	% Que Pasa (A)	% Ret. Acum. (B)	% Ret. Parc. (C)	Peso de Agregado por contenido de Cemento Asfáltico (%)			
				4,5% (CA)		5,0% (CA)	
				w <sub>i</sub> (g)	WAcum. (g)	w <sub>i</sub> (g)	WAcum. (g)
3/4"	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/2"	93,0	7,0	7,0	103,6	103,6	103,1	103,1
3/8"	74,6	25,4	18,4	272,4	376,0	270,9	374,0
Nº 4	46,4	53,6	28,2	417,4	793,4	415,2	789,3
Nº 8	36,4	63,6	10,0	148,0	941,4	147,3	936,5
< Nº 8		100,0	36,4	538,8	1480,3	536,0	1472,5
<b>Cantidad de Cemento Asfáltico (d)</b>			g	<b>69,75</b>		<b>77,50</b>	
<b>Cantidad de agregado (e)</b>			g	69,75		77,50	
<b>Peso de la briqueta (W)</b>			g	1480,25		1472,50	
<b>Verificación</b>			g	1550,0		1550,0	

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 20 (b).** Resultados de cálculo para la dosificación de agregado y contenido de cemento asfáltico para la elaboración de mezcla para determinar la Máxima Densidad Teórica (RICE).

Tamiz	% Que Pasa (A)	% Ret. Acum. (B)	% Ret. Parc. (C)	Peso de Agregado por contenido de Cemento Asfáltico (%)					
				5,5% (CA)		6,0% (CA)		6,5% (CA)	
				w <sub>i</sub> (g)	WAcum. (g)	w <sub>i</sub> (g)	WAcum. (g)	w <sub>i</sub> (g)	WAcum. (g)
3/4"	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
1/2"	93,0	7,0	7,0	102,5	102,5	102,0	102,0	101,4	101,4
3/8"	74,6	25,4	18,4	269,5	372,0	268,1	370,1	266,7	368,1
Nº 4	46,4	53,6	28,2	413,1	785,1	410,9	781,0	408,7	776,8
Nº 8	36,4	63,6	10,0	146,5	931,6	145,7	926,7	144,9	921,7

Tamiz	% Que Pasa (A)	% Ret. Acum. (B)	% Ret. Parc. (C)	Peso de Agregado por contenido de Cemento Asfáltico (%)					
				5,5% (CA)		6,0% (CA)		6,5% (CA)	
				w <sub>i</sub> (g)	WAcum. (g)	w <sub>i</sub> (g)	WAcum. (g)	w <sub>i</sub> (g)	WAcum. (g)
< N° 8		100,0	36,4	533,2	1464,8	530,3	1457,0	527,5	1449,3
<b>Cantidad de Cemento Asfáltico (d)</b>			g	85,25		93,00		100,75	
<b>Cantidad de agregado (e)</b>			g	85,25		93,00		100,75	
<b>Peso de la briqueta (W)</b>			g	1464,75		1457,00		1449,25	
<b>Verificación</b>			g	1550,0		1550,0		1550,0	

Fuente: Elaboración propia

### 3.7.1. PROCEDIMIENTO PARA LA ELABORACIÓN DE LA BRIQUETAS DE DISEÑO MARSHALL Y MEZCLA PARA MÁXIMA DENSIDAD TEÓRICA

La elaboración de las briquetas de asfalto consiste en elaborar una serie de tres especímenes para cada contenido de cemento asfáltico, considerando que la variación de asfalto será de 0,5% cada vez. Los pasos a seguir en concordancia a la norma ASTM D-1559 del método Marshall son:

- a) Se secan los agregados a temperatura ambiente para la dosificación y elaboración de las briquetas para el Diseño Método Marshall (ver Figura 14)



Figura 14. Agregados pétreos -Diseño Método Marshall

Fuente: Elaboración propia

- b) Para determinar el peso de los agregados, se considera que el peso conjunto de agregados más asfalto es de 1230 g, distribuidos proporcionalmente a su granulometría.
- c) Considerando el peso promedio de 1230 g de mezcla se calcula el peso de asfalto que irá en cada punto de contenido de cemento asfáltico. Se inicia el tanteo con un

determinado porcentaje de asfalto, y se va aumentando el porcentaje en 0,5 % cada vez:

$$\% \text{ de C. Asfáltico deseado} = \frac{\text{Peso de Cemento Asfáltico}}{\text{Peso de aridos} + \text{peso C. Asfáltico}}$$

Por ejemplo, si usamos el peso promedio de 1230 g, y se empieza el tanteo con 4,5% de asfalto tenemos:

$$1230,0 \text{ g} \rightarrow 1230,0 \times 4,5 \% / 100 = 55,35 \text{ g cantidad de C.A. (d)}$$

$$1230,0 \times \underline{95.5 \%} / 100 = \underline{1174,65} \text{ g cantidad de agregado}$$

$$\mathbf{100.0 \%} \quad \mathbf{1230,00} \text{ g peso total en la mezcla}$$

% Cemento Asfáltico	4,5 %	5,0 %	5,5%	6,0%	6,5 %
Peso C. Asfáltico (g)	55,35	61,50	67,65	73,80	79,95
Peso Agregados (g)	1174,65	1168,50	1162,35	1156,20	1150,05
Peso Mezcla (g)	1230,00	1230,00	1230,00	1230,00	1230,00

- d) se pone a calentar el asfalto y las taras con los agregados hasta temperatura constante de 130 a 140 °C (ver Figura 15). No debe mantenerse el ligante a la temperatura de mezcla por más de una hora.



Figura 15. Calentamiento de agregados y asfalto para la elaboración de las briquetas-Diseño Método Marshall

Fuente: Elaboración propia

- e) se pesa para cada espécimen de ensayo la cantidad necesaria de agregado en el recipiente donde se va efectuar la mezcla (ver Figura 16)



*Figura 16.* Peso de agregados para la elaboración de las briquetas-Diseño Método Marshall  
*Fuente:* Elaboración propia

- f) Se agita la mezcla de áridos y se forma una cavidad. Se añade la cantidad de asfalto caliente para el porcentaje de Cemento Asfáltico deseado (Ver Figura 17), y se mezcla bien hasta conseguir una muestra homogénea. Al terminar el mezclado, la temperatura de la mezcla dispuesta para la compactación debe estar en el intervalo antes mencionado (130 a 140 °C). es conveniente mantener lo más exacto posible la temperatura para distintas amasadas en el momento de la compactación, para obtener resultados uniformes.



*Figura 17.* Peso de cemento asfáltico para el porcentaje deseado-Diseño Método Marshall  
*Fuente:* Elaboración propia

- g) Se alista el conjunto del molde (base, molde y collarín) y la base del martillo compactador se limpia y se calienta a temperatura entre 90 y 140 °C.
- h) Después de calentar el conjunto del molde de compactación, se le acondiciona en el pedestal de compactación y se le coloca en su interior un disco de papel filtro de 10 cm de diámetro sobre la superficie de la base del molde y seguidamente se añade

los 1230 g de mezcla recién amasada, acondicionándola con una espátula, evitando la segregación, se remueve la mezcla vigorosamente con la espátula caliente y se chucea 15 veces alrededor del perímetro y 10 veces sobre el interior del molde, dejándole una forma redondeada en la superficie y finalmente se le coloca sobre ella otro disco de papel filtro para iniciar con la compactación.

- i) Se da inicio a la compactación de la mezcla asfáltica en caliente acondicionada en el molde sobre el pedestal de compactación empleando una fuerza mecánica de 75 golpes por cara, para ello se deberá mantener el eje del martillo de compactación perpendicular a la base del molde durante la compactación. (ver Figura 18)



*Figura 18.* Compactación de Mezcla Asfáltica en Caliente con el martillo sobre el pedestal de compactación-Diseño Método Marshall.

*Fuente:* Elaboración propia

- j) Después de apisonar la primera cara a 75 golpes, se desmonta el collarín del molde, y se invierte el molde volviendo a colocar el collarín en la superficie de este, para nuevamente aplicarle 75 golpes en la otra cara del espécimen. La cantidad de 75 golpes por cara, corresponde a Mezclas Asfálticas de tipo A, para tráfico pesado. El procedimiento de compactación se realizará igualmente con todos los especímenes según su porcentaje de asfalto (4,5%; 5,0%; 5,5%; 6,0% y 6,5%), no olvidar que se deberá elaborar 3 especímenes (briquetas de asfalto) por cada porcentaje de asfalto.
- k) Después de la compactación, se deja enfriar las briquetas a temperatura ambiente en los moldes de compactación durante toda la noche, identificándolas según el porcentaje de asfalto de la mezcla.

- l) Una vez fríos los moldes con las briquetas de asfalto, se procede a desmoldar una por una y para ello se emplea un extractor de muestras, esto consiste en colocar el molde sobre la superficie de la base del pistón del gato hidráulico del extractor para luego hacer movimientos de palanca hasta que el molde tenga contacto con el anillo superior del extractor, se seguirá aplicando los movimientos de palanca hasta que la briqueta de asfalto se extraída.
- m) Finalmente se transfiere cuidadosamente la briqueta a una superficie plana y se la identifica y se agrupa de acuerdo a los porcentajes de asfalto. Lo mismo se realiza con todas las briquetas.

Para la elaboración de la mezcla de asfalto para las Máximas Densidades Teóricas (RICE), se pesa 1550 g de mezcla; la variación de incremento de asfalto a considerar será de 0,5%, empezándose a dosificar desde el porcentaje de contenido de cemento Asfáltico (C.A.) 4,5%; 5,0%; 5,5%; 6,0%; hasta el 6,5%. En este caso la mezcla para para las Máximas Densidades Teóricas (RICE) no se compactan solamente se mezclan en estado suelto añadiendo la cantidad de asfalto con respecto al porcentaje de contenido de cemento Asfáltico (C.A.) deseado para cada grupo de briquetas elaboradas. En la siguiente figura (Ver figura 19) se muestra la mezcla de las Máximas Densidades Teóricas (RICE) por cada porcentaje de contenido de cemento asfáltico:



*Figura 19.* Muestras de mezcla para ensayo de Máxima Densidad Teórica (RICE) por cada porcentaje de cemento asfáltico-Diseño Método Marshall

*Fuente:* Elaboración propia

### 3.7.2. DETERMINACIÓN DEL PESO ESPECÍFICO BULK DE LAS BRIQUETAS DE DISEÑO MARSHALL

Para la determinación del peso específico bulk de las briquetas de asfalto por cada porcentaje de contenido de cemento asfáltico, se deberá seguir los siguientes pasos:

1. Se registra el **Peso de la Briqueta en Aire**.
2. Se sumerge la briketa en agua a  $77 \pm 1.8$  ° F ( $25 \pm 1$  ° C) suspendido debajo de una Balance por un periodo de 3 a 3½ minutos. Registrar esta masa como **Peso de la Briketa Saturado Superficialmente Seca en Agua**
3. Pasado el tiempo de inmersión se retira la briketa del agua y se seca la superficie con un paño húmedo (toalla o franela). Luego se Pesa la masa y registra como **Peso de la Briketa Saturado Superficialmente Seca en Aire**
4. Luego se deberá determinar el peso específico bulk de las briquetas, para ello usaremos la siguiente fórmula:

$$\text{Peso específico bulk } (G_{mb}) = [A / (B - C)]$$

Donde:

A = Peso en gramos de la briketa en aire.

B = Peso en gramos de la briketa saturado superficialmente seca en aire

C = Peso en gramos de la briketa saturado superficialmente seca en agua.

Reporte la gravedad específica a granel al 0.001 más cercano.

5. Por ejemplo para el conjunto de las tres briquetas cuyo porcentaje de contenido de cemento asfáltico corresponden a **4,5 %**, se obtuvieron los siguientes pesos específicos bulk:

BRIQUETAS N°		1	2	3	P	
1	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	g	1217,9	1215,9	1220,4	R
2	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	g	1223,1	1220,7	1224,4	O
3	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	G	705,9	705,9	705,9	M
4	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO	cm <sup>3</sup>	517,2	514,8	518,5	E
5	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA	g/ cm <sup>3</sup>	2,355	2,362	2,354	D
						I
						O

### 3.7.2. DETERMINACIÓN DE ESTABILIDAD Y FLUJO DE LAS BRIQUETAS DE DISEÑO MARSHALL

El procedimiento del ensayo para determinar la estabilidad y el flujo está descrito en la norma MTC E 504 “Resistencia de Mezclas Bituminosas empleando el Aparato Marshall”.

Basándose en la norma mencionada, se siguieron los siguientes pasos:

1. Una vez determinado los pesos específicos de todas las briquetas de diseño se sumergen en un baño maría con agua temperada a 60°C por un tiempo de 30 minutos para someterlas al Ensayo de Estabilidad y fluencia, tal como se muestra en la siguiente imagen (Ver Figura 20).



Figura 20. Briquetas en Baño maría a 60 ° C - Diseño Método Marshall  
Fuente: Elaboración propia

2. Se limpian las superficies interiores de las mordazas de rotura y se engrasan las varillas de guía con una película de aceite de manera que la mordaza superior se deslice libremente.
3. Trascorrido los 30 minutos, se extrae la briqueta del baño maría y se seca cuidadosamente la superficie con un paño, seguidamente se la coloca centrada sobre la mordaza inferior, se monta la mordaza superior y el conjunto se sitúa centrada en la prensa. (Ver figura 21)



*Figura 21. Briqueta y mordazas acondicionadas en la Prensa Marshall para el ensayo de Estabilidad y fluencia – Diseño Método Marshall*  
*Fuente: Elaboración propia*

4. Se monta el medidor de flujo sobre la varilla guía marcada y se comprueba la lectura inicial la cual deberá estar en cero (ver Figura 22). Seguidamente se presiona el botón “start” en el equipo, para iniciar con la aplicación de carga a la briqueta a velocidad de deformación constante de 50,8 mm (2” pulgadas) por minuto hasta que se produzca la rotura. El punto de rotura viene definido por la carga máxima obtenida. La carga necesaria para producir la rotura de la briqueta a 60 °C es el valor de la Estabilidad Marshall. Mientras se está determinando la estabilidad, se mantiene firmemente el medidor de deformación en su posición sobre la varilla de guía y cuando se llega a la carga máxima de rotura se lee y anota la medida (tomar nota de la lectura de carga de rotura y deformación); la lectura es el valor de la deformación, expresada en centésimas de pulgada. (ver Figura 22)



*Figura 22.* Ensayo de Estabilidad y fluencia en el equipo Prensa Marshall – Diseño Método Marshall

*Fuente:* Elaboración propia

5. El proceso desde el momento de sacar la probeta del baño maría hasta la rotura de la misma debe realizarse en un tiempo inferior a 30 segundos.
6. Los valores obtenidos de la estabilidad de las briquetas ensayadas deberán ser corregidas de acuerdo a factores de corrección teniendo en cuenta el volumen de la briqueta. En la siguiente tabla (Ver Tabla 21), se detallan los factores de corrección de estabilidad:

**Tabla 21.** *Factor de Corrección de Estabilidad*

Volumen de la Briqueta (cm <sup>3</sup> )		Factor de Corrección
200	213	5,56
214	225	5,00
226	237	4,55
238	250	4,17
251	264	3,85
265	276	3,57
277	289	3,33
290	301	3,03
302	316	2,78
317	328	2,50
329	340	2,27
341	353	2,08

Volumen de la Briqueta (cm3)		Factor de Corrección
354	367	1,92
368	379	1,79
380	392	1,67
393	405	1,56
406	420	1,47
421	431	1,39
432	443	1,32
444	456	1,25
457	470	1,19
471	482	1,14
483	495	1,09
496	508	1,04
509	522	1,00
523	535	0,96
536	546	0,93
547	559	0,89
560	573	0,86
574	585	0,83
586	598	0,81
599	610	0,78
611	625	0,76

*Fuente:* Tablas de Corrección de Estabilidad Marshall [en línea]. [fecha de consulta: 03 de setiembre de 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/359018633/Tabla-de-correccion-de-estabilidad-Marshall-1-pdf>

- En el **ANEXO E** se detalla los resultados obtenidos del proceso de determinación de los pesos específicos de las briquetas con sus respectivos valores de Estabilidad y fluencia corregidos por el factor de corrección teniendo en cuenta su volumen.

### 3.7.3. PROCESOS DE CÁLCULO PARA EL DISEÑO MARSHALL

En esta parte en la siguiente tabla (Ver Tabla 22) se detalla los procesos de la hoja de cálculo presentado en el **ANEXO E** para los parámetros exigidos por el método de diseño Marshall (Norma ASTM D 1559), poniendo como ejemplo los resultados obtenidos de tres briquetas de asfalto para el contenido de cemento asfáltico 4,5%:

**Tabla 22.** Resultados de la hoja de cálculo para briquetas de asfalto con contenido de cemento asfáltico 4,5% - Diseño Marshall

BRIQUETAS		Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1	C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	4,50	4,50	4,50	4,5	-
2	AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 8	%	51,19	51,19	51,19	-	-
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA	%	42,40	42,40	42,40	-	-

BRIQUETAS		N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.	
	MEZCLA < N° 8							
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1,91	1,91	1,91	-	-	
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE	gr/c.c.	1,033	1,033	1,033	-	-	
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO – BULK	gr/c.c.	2,692	2,692	2,692	-	-	
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - APARENTE	gr/c.c.	2,757	2,757	2,757	2,724	-	
8	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO – BULK	gr/c.c.	2,650	2,650	2,650	-	-	
9	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - APARENTE	gr/c.c.	2,696	2,696	2,696	2,673	-	
10	PESO ESPECÍFICO FILLER – APARENTE	gr/c.c.	2,300	2,300	2,300	2,300	-	
11	PESO DE LA BRIQUETA EN AIRE	gr	1217,9	1215,9	1220,4	-	-	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (gr)	gr	1223,1	1220,7	1224,4	-	-	
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (gr)	gr	705,9	705,9	705,9	-	-	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-13)	c.c.	517,2	514,8	518,5	-	-	
15	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (11/14)	gr/c.c.	2,355	2,362	2,354	2,357	-	
16	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c.	2,564	2,564	2,564	-	-	
17	VACÍOS (16-15)*100/16	%	8,2	7,9	8,2	8,1	3 - 5	
18	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (100-1)/((3/8)+(2/6)+(4/10))	gr/c.c.	2,673	2,673	2,673	-	-	
19	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL (100-1)/((3/9)+(2/7)+(4/10))	gr/c.c.	2,728	2,728	2,728	-	-	
20	V.M.A. 100-(2+3+4)*(15/18)	%	15,9	15,6	15,9	15,8	Mín. 14	
21	VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-17)/20	%	48,6	49,5	48,4	48,8	-	
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((2/7)+(3/9)+(4/10))	gr/c.c.	2,700	2,700	2,700	-	-	
23	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*5*(22-18))/(22*18)	%	0,39	0,39	0,39	-	-	
24	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	4,13	4,13	4,13	-	-	
25	LECTURA DEL FLEXIMETRO ( 0.001" )	Pulg	10,00	10,00	10,00	10,0	8 - 14	
26	FLUJO (25 / 100 * 25.4)	mm	2,5	2,5	2,5	2,5	2 - 4	
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1278	1234	1243	-	-	
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1,00	1,00	1,00	-	-	
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (27 * 28)	Kg	1278	1234	1243	1252	Mín. 815	
30	ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	5111	4938	4972	5007	1700 - 4000	
31	RELACIÓN POLVO Tmàx 0,0074mm/ASFALTO EFECTIVO	%	1,04					

Fuente: Elaboración propia (ANEXO E)

De acuerdo a la tabla presentada líneas arriba, así se ordenaron los valores de cálculo para los demás porcentajes de contenido de cemento asfáltico correspondientes a 5,00% 5,50%, 6,00% y 6,50%.

Por otro lado en esta sección en la tabla 23. Se presentan los resultados de los ensayos de Densidad Máxima Teórica (RICE) para cada porcentaje de contenido de cemento asfáltico (C.A.). La obtención de estos resultados se sujeta de acuerdo al procedimiento de las normas: MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209.

Los resultados de los ensayos de Densidad Máxima Teórica (RICE) son los siguientes:

**Tabla 23.** Resultados de ensayos de Densidad Máxima Teórica (RICE) obtenidos de acuerdo a los porcentajes de contenido de cemento asfáltico (C.A.)-Diseño Marshall

<b>RESULTADOS DEL ENSAYO RICE DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b>							
<b>ENSAYO</b>	<b>Nº</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>Óptimo</b>
Cemento Asfáltico	%	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	<b>5,53</b>
Peso del material (Pm)	gr	1500,00	1500,00	1500,00	1500,00	1500,00	1500,00
Peso del agua + frasco Rice	gr	7617,00	7617,00	7617,00	7617,00	7617,00	7402,00
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	9117,00	9117,00	9117,00	9117,00	9117,00	8902,00
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	8532,00	8528,00	8521,00	8517,00	8515,00	8307,00
Volumen del material (Vm)	cc	585,00	589,00	596,00	600,00	602,00	595,00
Peso Específico Máximo	gr/cc	<b>2,564</b>	<b>2,547</b>	<b>2,517</b>	<b>2,500</b>	<b>2,492</b>	<b>2,521</b>
Temperatura de ensayo	°C	25	25	25	25	25	25
Grava Triturada < 3/4"-1/2" Cantera Carapongo	%	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Gravilla Triturada < 1/2" Cantera Carapongo	%	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Arena Triturada < 1/4" - Cantera Carapongo	%	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Arena triturada <3/16" - Cantera Excalibur	%	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
Filler - Cal hidratada	%	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Aditivo mejorador de adherencia Zycotherm	%	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Tiempo de ensayo	Min.	15'	15'	15'	15'	15'	15'

Fuente: Elaboración propia (ANEXO E)

Los resultados de las Máximas Densidades Teóricas se representan en una gráfica tal como se muestra a continuación (ver figura 23)

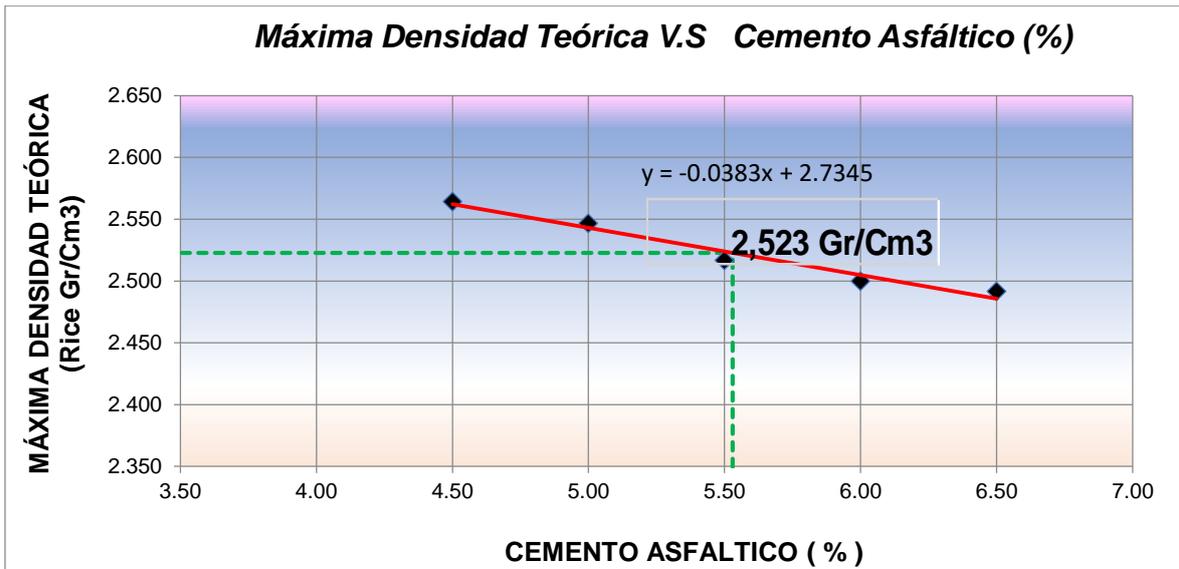


Figura 23. Gráfica de Máxima Densidad Teórica V.S. Cemento Asfáltico (%)  
Fuente: Elaboración propia.

Haciendo una representación de los valores obtenidos de la Máxima Densidad Teórica (RICE) en la gráfica mostrada líneas arriba en la **Figura 23. Máxima Densidad Teórica V.S. Cemento Asfáltico (%)** con respecto a los porcentajes de contenido de cemento asfáltico, se determinó por intersección de datos que para un óptimo de cemento asfáltico de 5,53 % la Densidad Máxima Teórica será de 2,523 gr/cm<sup>3</sup>, sin embargo para comprobar este resultado matemático, se tuvo que realizar el ensayo, donde una vez realizado se obtuvo un valor cercano, el cual fue de 2,521 gr/cm<sup>3</sup>.

- Para determinar la **Gravedad específica máxima RICE (G<sub>mm</sub>)** se emplea la siguiente fórmula:

$$G_{mm} = \frac{P_m}{V_m}$$

Donde:

G<sub>mm</sub> = Gravedad específica máxima RICE (G<sub>mm</sub>)

P<sub>m</sub> = Peso del material con el porcentaje de contenido de cemento asfáltico a ensayar.

V<sub>m</sub> = Volumen del material

Como complemento para entendimiento de nuestra investigación, con respecto al método del diseño Marshall, es necesario detallar algunas fórmulas que se emplean para determinar parámetros que exige el método, tales como:

- Para determinar la **Gravedad específica neta del agregado ( $G_{sb}$ )** se emplea la siguiente fórmula:

$$G_{sb} = \frac{P_1 + P_2 + \dots + P_N}{\frac{P_1}{G_1} + \frac{P_2}{G_2} + \dots + \frac{P_N}{G_N}}$$

Donde:

$G_{sb}$  = Gravedad específica bulk para el agregado total.

$P_1, P_2, \dots, P_N$  = Porcentaje individuales por masa de agregado.

$G_1, G_2, \dots, G_N$  = Gravedad específica bulk individual de cada agregado.

- Para determinar la **Gravedad específica efectiva del agregado ( $G_{se}$ )** se emplea la siguiente fórmula:

$$G_{se} = \frac{P_{mm} - P_b}{\frac{P_{mm}}{G_{mm}} - \frac{P_b}{G_b}}$$

Donde:

$G_{se}$  = Gravedad específica efectiva del agregado.

$G_{mm}$  = Gravedad específica máxima (Ensayo RICE).

$P_{mm}$  = Porcentaje de masa del total de la mezcla suelta = 100%.

$P_b$  = Contenido de asfalto con el cual desarrollo el ensayo RICE.

$G_b$  = Gravedad específica del cemento asfáltico.

- Para determinar la **Gravedad específica máxima de la mezcla asfáltica ( $G_{sm}$ )** se emplea la siguiente fórmula:

$$G_{sm} = \frac{P_{mm}}{\frac{P_s}{G_{se}} - \frac{P_b}{G_b}}$$

Donde:

$G_{sm}$  = Gravedad específica máxima de la mezcla asfáltica.

$P_{mm}$  = Porcentaje de masa del total de la mezcla suelta = 100%

$P_s = P_{mm} - P_b$

$P_b$  = Contenido de asfalto con el cual desarrollo el ensayo RICE.

$G_{se}$  = Gravedad específica efectiva del agregado.

$G_b$  = Gravedad específica del cemento asfáltico.

- Para determinar el **porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado total ( $P_{ba}$ )** se emplea la siguiente fórmula:

$$P_{ba} = 100 \times \frac{G_{se} - G_{sb}}{G_{sb} G_{se}} \times G_b$$

Donde:

$P_{ba}$  = Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado total.

$G_{se}$  = Gravedad específica efectiva del agregado.

$G_{sb}$  = Gravedad específica bulk para el agregado total.

$G_b$  = Gravedad específica del cemento asfáltico.

- Para determinar el **porcentaje de Asfalto efectivo ( $P_{be}$ )** se emplea la siguiente fórmula:

$$P_{be} = P_b - \frac{P_{ba}}{100} \times P_s$$

Donde:

$P_{be}$  = Porcentaje de Asfalto efectivo, de la masa total de mezcla.

$P_b$  = Contenido de asfalto con el cual desarrollo el ensayo RICE.

$P_{ba}$  = Porcentaje de Asfalto Absorbido por el agregado total.

- Para determinar el **porcentaje de Vacíos en el Agregado Mineral (VMA)** se emplea la siguiente fórmula:

$$VMA = 100 - \frac{G_{mb} \times P_s}{G_{sb}}$$

Donde:

VMA = Vacíos en el Agregado Mineral (porcentaje del volumen neto).

$G_{mb}$  = Gravedad específica Bulk de la mezcla asfáltica compactada.

- Para determinar el **porcentaje de Vacíos de aire ( $V_a$ )** se emplea la siguiente fórmula:

$$V_a = 100 \times \frac{G_{mm} - G_{mb}}{G_{mm}}$$

Donde:

$V_a$  = Vacíos de aire en la mezcla compactada en porcentaje del volumen total.

$G_{mb}$  = Gravedad específica Bulk de la mezcla asfáltica compactada.

$G_{mm}$  = Gravedad específica máxima (Ensayo RICE).

Fuente: Mezclas Asfálticas en Caliente. [en línea].Ecuador: Universidad Particular de Loja.[fecha de consulta: 03 de setiembre de 2018]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/UCGcertificacionvial/mezclas-asfticas-en-calientesemana-16-1588747>

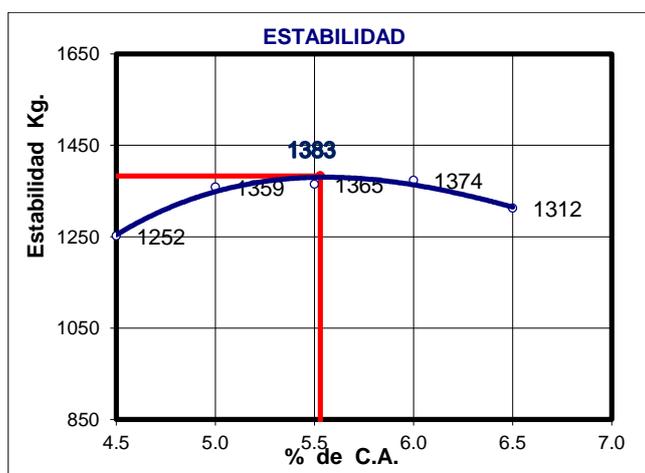
### 3.7.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS DEL DISEÑO MARSHALL CON GRANULOMETRÍA SUPERPAVE

De acuerdo a la **Tabla 24. Resultados de diseño Marshall**, donde se observan los valores promedios obtenidos de la Estabilidad corregida, Flujo, Porcentaje de Vacíos de aire de la mezcla ( $V_a$ ), porcentaje de vacíos llenos con cemento asfáltico (**VFA**), porcentaje de Vacíos en el Agregado Mineral (**VMA**) y peso específico bulk ( $G_{mb}$ ) para contenido de cemento asfáltico, se dibujan los siguientes gráficos (ver figuras 24, 25, 26, 27, 28 y 29):

**Tabla 24.** Resultados del diseño Marshall

<b>Contenido de Cemento Asfáltico</b>	<b>4,5</b>	<b>5,0</b>	<b>5,5</b>	<b>6,0</b>	<b>6,5</b>
<b>Peso específico bulk (<math>G_{mb}</math>)</b>	2,357	2,399	2,420	2,406	2,397
<b>Vacíos de aire de la mezcla (<math>V_a</math>)</b>	8,1	5,8	3,9	3,7	3,8
<b>Vacíos en el Agregado Mineral(VMA)</b>	15,8	14,7	14,5	15,4	16,1
<b>vacíos llenos con cemento asfáltico (VFA)</b>	48,8	60,7	73,4	75,7	76,6
<b>Flujo</b>	2,5	2,7	3,5	3,4	3,9
<b>Estabilidad corregida</b>	1252	1359	1365	1374	1312

Fuente: Elaboración propia (ANEXO F)



**Figura 24.** Gráfico de Porcentaje de Asfalto vs Estabilidad

Fuente: Elaboración propia (ANEXO F)

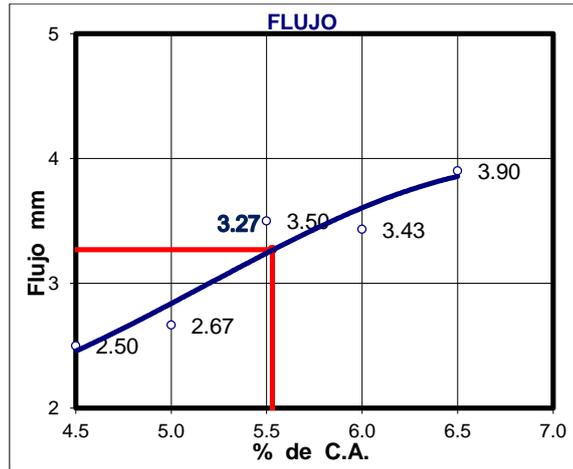


Figura 25. Gráfico de Porcentaje de Asfalto vs Flujo  
Fuente: Elaboración propia (ANEXO F)

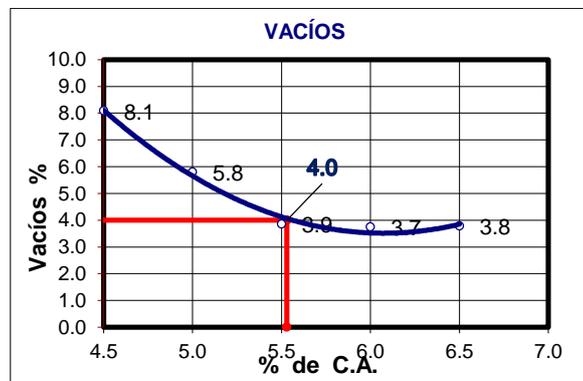


Figura 26. Gráfico de Porcentaje de Asfalto vs Porcentaje de vacíos  
Fuente: Elaboración propia (ANEXO F)

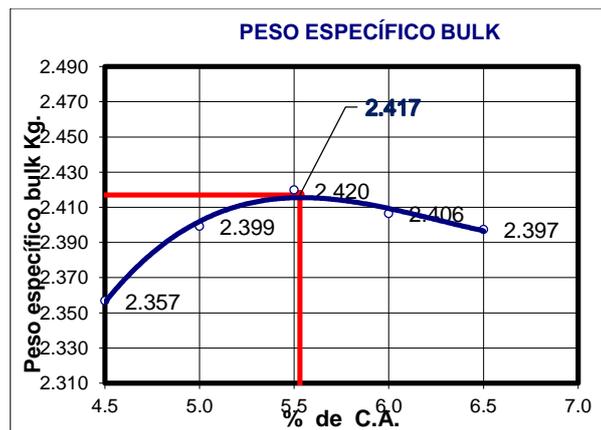


Figura 27. Gráfico de Porcentaje de Asfalto vs Peso Específico Bulk  
Fuente: Elaboración propia (ANEXO F)

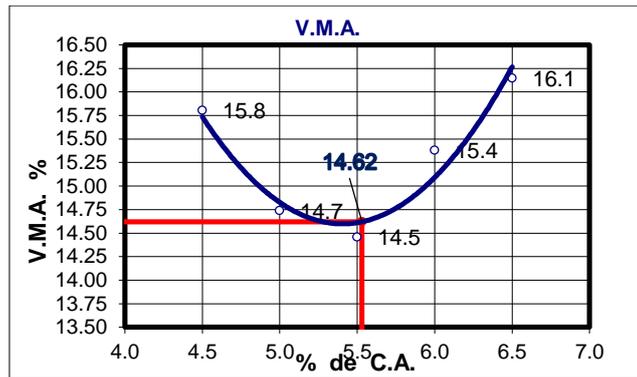


Figura 28. Gráfico de Porcentaje de Asfalto vs V.M.A.  
Fuente: Elaboración propia (ANEXO F)

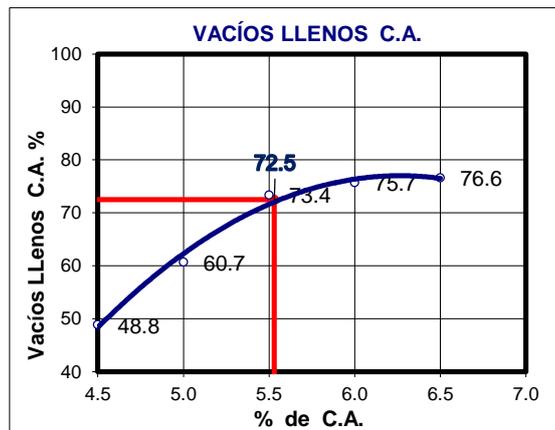


Figura 29. Gráfico de Porcentaje de Asfalto vs Porcentaje de Vacíos llenos con C. Asfáltico  
Fuente: Elaboración propia (ANEXO F)

En cada gráfico, tomando como referencia los puntos hallados, se ha trazado una línea curva de trazo continuo y suave, para representar los valores obtenidos por cada porcentaje de cemento asfáltico.

Para el trazo de las curvas se debe tener en cuenta que:

- Los gráficos de Estabilidad y Peso Específico bulk tienen forma parabólica invertida, donde tiene un valor máximo al cual corresponde un determinado porcentaje de asfalto.
- El porcentaje de vacíos disminuye con aumento en el contenido de asfalto.
- El gráfico de V.M.A. tiene la forma de parábola, con un valor mínimo al cual le corresponde un determinado porcentaje de asfalto.
- El porcentaje de vacíos llenos con cemento asfáltico (VFA) aumenta con el incremento de asfalto.
- El flujo aumenta con el contenido de asfalto.

El óptimo contenido de cemento asfáltico determinado para este diseño fue de **5.53%**, el cual se obtuvo siguiendo el criterio de promediar los valores de contenido de cemento asfáltico (C.A.) para las máximas de Estabilidad, Peso específico bulk y el porcentaje de contenido de cemento asfáltico correspondiente a un porcentaje de vacíos de 4%.

De las gráficas se obtuvieron los siguientes valores máximos de acuerdo al óptimo contenido de cemento asfáltico determinado de **5.53%** (Ver Tabla 25):

**Tabla 25.** Resultados de los valores máximos de los gráficos obtenidos de acuerdo al óptimo contenido de cemento asfáltico (C.A.) - Diseño Marshall

PESO ESPECÍFICO BULK.		V.LL.C.C.A.	
C.A.	VALOR MAXIMO	C.A.	VALOR MAXIMO
<b>5,53</b>	<b>2,417</b>	<b>5,53</b>	<b>72,5</b>
VACIOS		FLUJO	
C.A.	VALOR MAXIMO	C.A.	VALOR MAXIMO
5,53	<b>4,0</b>	5,53	<b>3,27</b>
V.M.A.		ESTABILIDAD	
C.A.	VALOR MAXIMO	C.A.	VALOR MAXIMO
5,53	<b>14,62</b>	5,53	<b>1383</b>

Fuente: Elaboración Propia

Con el óptimo porcentaje de contenido de cemento asfáltico determinado de 5,53% en el diseño Marshall, se procedió a elaborar 3 briquetas de asfalto y una dosificación suelta de mezcla para el ensayo de Máxima Densidad Teórica (RICE), con la finalidad de verificar el cumplimiento de los **Requisitos de la Mezcla Asfáltica en Caliente** que exige el Manual de Carreteras EG-2013 en su **Tabla 423-06 Requisitos para mezcla de concreto bituminoso**, los resultados que se obtuvieron son los siguientes (Ver Tabla 26):

**Tabla 26.** Requisitos de la Mezcla Asfáltica en Caliente

ESPECIFICACIONES (Tabla 423-06 – EG- 2013)	RESULTADO	ESPECIFIC.	OBSERVACIÓN
GOLPES POR LADO	75	75	Cumple
ÓPTIMO CONTENIDO DE CEMENTO ASFÁLTICO	5,53%	(+/- 0.2%)	Cumple
PESO ESPECÍFICO BULK	2,425		Cumple
PORCENTAJE DE VACÍOS CON AIRE (Va)	3,8%	3 - 5	Cumple
VACÍOS EN EL AGREGADO MINERAL(V.M.A.)	14,30%	Mín 14	Cumple
VACÍOS LLENOS CON C.A. (VFA)	73,4%		Cumple
FLUJO	3,50%	2 - 4	Cumple
ESTABILIDAD	1305	Mín. 815	Cumple
ESTABILIDAD / FLUJO (kg/cm)	3729	1700 - 4000	Cumple
ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD	5,65%	Mín. 5	Cumple
ESTABILIDAD RETENIDA	82,5%	Mín. 75	Cumple
RELACIÓN POLVO T <sub>máx</sub> 0,0074mm/ASFALTO EFECTIVO	0,85	0.6 - 1.3 %	Cumple

Fuente: Elaboración Propia (ANEXO F)

De acuerdo a los resultados obtenidos que se muestran líneas arriba en la **Tabla 26. Requisitos de la Mezcla Asfáltica en Caliente**, comprobamos que el diseño Marshall elaborado con granulometría SUPERPAVE, cumple satisfactoriamente con todos los requisitos de control exigidos. Habiendo realizado todas las comprobaciones de calidad respectivas se procedió a dar pase con las actividades de producción de mezcla asfáltica en caliente y así empezar con el proceso constructivo, para reparar el pavimento en la zona de intervención identificada.

### **3.9. PROCESO CONSTRUCTIVO DE COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PRODUCIDA CON EL MÉTODO MARSHALL Y GRANULOMETRÍA SUPERPAVE**

El proceso constructivo para colocar mezcla asfáltica en caliente en el área fresada correspondiente al km 45+800 al km 46+000 Carril Izquierdo, consistió en realizar las siguientes actividades:

#### **a) Riego de liga**

Esta actividad se realiza en campo la cual consiste en aplicar sobre la superficie de la carpeta asfáltica existente previamente fresada, un material bituminoso denominada Emulsión Catiónica de Rotura Rápida CRS-1 a una tasa de aplicación de 0,2 a 0,7 l/m<sup>2</sup>, empleando un equipo calentador.

#### **b) Producción de mezcla Asfáltica en Caliente en Planta**

Para la producción de la Mezcla Asfáltica en Caliente se tuvo a bien aplicar los valores aprobados del diseño Marshall con Granulometría SUPERPAVE, tales como (Ver Tabla 27):

**Tabla 27. Valores de Diseño para producción de Mezcla Asfáltica en Caliente con granulometría SUPERPAVE**

<b>Filler Call hidratada</b>	<b>Arena Triturada Excalibur &lt; 3/16"</b>	<b>Arena Triturada Carapongo &lt; 1/4"</b>	<b>Grava Triturada Carapongo 3/4" - 1/2"</b>	<b>Gravilla Triturada Carapongo 3/4" - 1/2"</b>	<b>Óptimo Cemento Asfáltico PEN 85/100</b>
<b>2,0%</b>	<b>13,0%</b>	<b>30,0%</b>	<b>15,0%</b>	<b>40,0%</b>	<b>5,53%</b>

*Fuente:* Elaboración Propia

Los valores del diseño fueron corregidos previamente antes de ser ingresados a la computadora de la planta de asfalto, quedando de la siguiente manera (Ver Tabla 28):

**Tabla 28.** Valores de Diseño corregidos para producción de Mezcla Asfáltica en Caliente con granulometría SUPERPAVE

Filler Call hidratada	Arena Triturada Excalibur < 3/16"	Arena Triturada Carapongo < 1/4"	Grava Triturada Carapongo < 3/4" - 1/2"	Gravilla Triturada Carapongo < 1/2"	Óptimo Cemento Asfáltico PEN 85/100	Total Agregados
1,89%	12,28%	28,34%	14,17%	37,79%	5,53%	100,00 %

Fuente: Elaboración Propia

La corrección de los porcentaje de diseño se realizan a razón de que el óptimo contenido de Cemento Asfáltico forma parte de la sumatoria del 100% del total de agregados que intervienen en la composición de la Mezcla Asfáltica en Caliente, por ello se corrigen todos los porcentajes individuales de cada agregado, con respecto al óptimo de asfalto, donde el total de agregado efectivos es de 94,47 %, entonces aplicando la corrección con este porcentaje se tiene que multiplicar por 0,9447 a todos los valores de los agregados del diseño, por ejemplo para la cal hidratada sería:  $2\% \times 0,9447 = 1,89\%$ , de esa manera se procederá con los demás agregados hasta que la sumatoria de agregados y la cantidad del óptimo de contenido de cemento asfáltico resulten 100,00 %.

Luego de aplicar la corrección de los valores de diseño e ingresarlos a la computadora de la planta de asfalto se procedió a dar inicio con la producción de la Mezcla Asfáltica en Caliente.

La planta de Asfalto se ubica en el km 18+700 al lado derecho de la carretera central en el tramo: La Oroya – Jauja (Ver Figura 30)



Figura 30. Planta de Asfalto Continúa ubicada en el km 18+700 LD

Fuente: Elaboración propia

El desarrollo de la producción de mezcla asfáltica en caliente consistió en el abastecimiento de las 4 tolvas principales de la planta de asfalto con los agregados del diseño mediante el empleo de un cargador frontal, la primera tolva estuvo abastecida con el

agregado Grava Triturada < 3/4" - 1/2" la segunda tolva con Gravilla Triturada < 1/2" ambos agregados de la cantera Carapongo, la tercera con Arena Triturada < 1/4" de la cantera Carapongo y por último la cuarta tolva con Arena Triturada < 3/16" de la cantera Excalibur; por otro lado en una tolva adicional se abasteció la cal hidratada, y en los tanques de abastecimiento de cemento asfáltico se preparó el cemento asfáltico PEN 85/100 previamente aditivado con el aditivo mejorador de adherencia zycotherm. Quedando la planta abastecida con los agregados e insumos se empezó con la elaboración de la mezcla asfáltica en caliente, para ello se ejecuta los siguientes pasos:

1. Se deberá iniciar 3 horas antes con el calentamiento del cemento asfáltico, el cual será calentado a una temperatura tal, que se obtenga una viscosidad comprendida entre 75 y 155 SSF (según Carta Viscosidad-Temperatura proporcionado por el fabricante).
2. Desde la cabina de mando se da inicio a la operación de todo el sistema de la planta presionando el botón Star.
3. Los motores de todo el sistema de la planta se accionan así como de cada una de las tolvas y los agregados empiezan a ser distribuidos cayendo sobre la faja transportadora, la cual traslada los agregados hasta el Horno mezclador, donde estos se mezclaran con la cal hidrata y el cemento asfáltico PEN 85/100 el cual es inyectado con la bomba de inyección, para dar lugar a la elaboración de la Mezcla Asfáltica en Caliente la cual ha sido mezclada en un periodo de 45 segundos a 1 minuto en el Horno Mezclador Rotativo.
4. Una vez que la Mezcla Asfáltica en Caliente ya ha sido mezclada homogéneamente esta pasa por el elevador de la planta para ser almacenada en el silo de descarga hasta su despacho en los volquetes que se ubican debajo de este.
5. El operador de la planta abre el silo de descarga cuando esté llena su capacidad, para que la Mezcla Asfáltica en Caliente caiga en la tolva del volquete.
6. El volquete cuando llena su capacidad se retira de la zona del silo de descarga y pasa al punto de acondicionamiento, donde se tomará los controles de temperatura y muestreo de Mezcla Asfáltica en Caliente (M.A.C.) para los respectivos ensayos en el laboratorio tal como se muestra en la **Figura 31**; posteriormente la tolva del volquete es tapada con un toldero o carpa de cuero para evitar que la M.A.C. pierda temperatura o se vea afectada por la lluvia u otros factores a razones de las condiciones climáticas de la zona.



*Figura 31.* Control y Muestreo de Mezcla Asfáltica en Caliente para ensayos en el laboratorio

*Fuente:* Elaboración propia

7. El operador del volquete lleva consigo una guía de control en la cual se indica la cantidad y temperatura de la Mezcla Asfáltica en Caliente y sale de planta con dirección al área de colocación ubicada en el km 45+800 al km 46+000 Carril Izquierdo.

**c) Colocación de la Mezcla Asfáltica en Caliente (M.A.C.) en campo**

Si observamos la **Figura 32**, se aprecia el proceso de colocación de la M.A.C. en campo:



*Figura 32.* Pavimentadora colocando Mezcla Asfáltica en Caliente

*Fuente:* Elaboración propia

El proceso de colocación de la mezcla Asfáltica en Caliente (M.A.C.) consistió en realizar las siguientes actividades:

1. El operador de la pavimentadora deberá calentar la plancha de esta para poder iniciar con la colocación de la M.A.C.

2. EL capataz encargado de la colocación de asfalto deberá identificar la progresiva del tramo y marcar las dimensiones donde se colocará la M.A.C. para la nueva carpeta asfáltica. Las dimensiones para la nueva carpeta asfáltica fueron: longitud= 200 m, ancho= 3,4 m y espesor= 0,066 m
3. El capataz en obra solicita al operador del volquete la guía de control e identifica y registra sus datos.
4. Seguidamente el operador del volquete procede a ubicarse con el equipo en retroceso delante de la pavimentadora para iniciar la descarga de la Mezcla Asfáltica en Caliente (M.A.C.). Una vez que se descarga la M.A.C. el técnico de laboratorio toma control de la temperatura y si está dentro de los rangos permitidos se procede con la colocación.
5. Seguidamente los operadores del volquete y la pavimentadora avanzan lentamente y empiezan a distribuir la mezcla en la pista.
6. El capataz con un punzón o escantillón ya calibrado va midiendo y verificando el espesor de la mezcla asfáltica caliente extendida en pista.
7. Después de extender la M.A.C. ingresan los rodillos de compactación, para ello se siguió con los siguientes procedimientos de compactación:
  - Compactación inicial.  
Rodillo tándem vibratorio, entrando a una temperatura entre 145° C y 150° C. Inicialmente se dan dos (2) pasadas con amplitud alta a 3 000 - 3 200 VPM y luego dos (2) pasadas con amplitud baja a 3 000 - 3 400 VPM
  - Zona Tierna  
En esta etapa se deberá esperar que la temperatura baje hasta 115°C sin operar ningún equipo sobre la mezcla.
  - Compactación intermedia  
Rodillo neumático de 20 a 22 Toneladas de peso, ejerciendo una presión de contacto por llanta entre 520 Kpa y 550 Kpa, en dos (2) a cuatro (4) pasadas, en un rango de temperatura entre 95° C y 115°C.
  - Compactación final  
Rodillo tándem vibratorio usado en modo estático, haciendo tres (3) pasadas en un rango de temperatura entre 70°C y 95°C.

8. Después de terminar con la compactación final el tramo deberá quedar habilitado para el tránsito a un lapso de 4 horas, cuando la temperatura de la carpeta asfáltica bordee los 25 °C.

Por otro lado es preciso indicar que durante el proceso de colocación de la mezcla Asfáltica en Caliente (M.A.C.) se llevó a cabo los controles de colocación, temperatura y compactación por volquete en pista; los resultados de estos controles se detallan en la siguiente Tabla (Ver Tabla 29):

**Tabla 29. Control de Temperatura y Compactación en pista**

Nº	Datos del Camión Volquete				
	Llegada a Pista (hrs)	Hora de inicio	Hora de término	Placa N°	Capacidad (m3)
1	08:12	08:57	09:03	D0G-927	15,0
2	08:41	09:09	09:15	B7P-761	15,0
3	08:53	09:18	09:24	D8W-738	15,0

Temperatura (°C) y Compactación									
En Planta	Llegada a Pista	Tº entrada rodillo liso	Nº Pasadas	Amplitud	Tº entrada rodillo neumático	Nº Pasadas	Tº final de rodillado	Nº Pasadas	Tº Ambiental
150°C	148	145	2 Altas 2 Bajas	3 000 - 3 200 VPM 3 000 - 3 400 VPM	113 °C	4	80 °C	3	17 °C
150 °C	147	145	2 Altas 2 Bajas	3 000 - 3 200 VPM 3 000 - 3 400 VPM	112 °C	4	88 °C	3	18 °C
150 °C	148	145	2 Altas 2 Bajas	3 000 - 3 200 VPM 3 000 - 3 400 VPM	112 °C	4	77 °C	3	18 °C

Progresiva		Dimensiones de la carpeta			Carril
Inicio	Final	Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor (m)	
45+800	45+860	60,0	3,40	0,066	I
45+860	45+930	70,0	3,41	0,066	I
45+930	46+000	70,0	3,41	0,066	I

Fuente: Elaboración Propia (ANEXO G)

En la **Tabla 29. Control de Temperatura y Compactación en pista** mostrada líneas arriba, podemos observar que la compactación tiene inicio con la entrada del rodillo liso tándem vibratorio el cual empezó la compactación con dos pasadas en Alta y 2 en Baja a una temperatura de compactación de 145 °C con una amplitud de 3 000 - 3 200 y 3 000 - 3 400 Vibraciones Por Minuto (VPM) respectivamente; después se esperó que la temperatura de la Mezcla Asfáltica en caliente baje a 115 °C para que el rodillo neumático haga su

ingreso; en la tabla podemos observar que el rodillo neumático para el primer volquete de placa D0G-927, ingreso a compactar con 4 pasadas y una temperatura de 113 °C y para los volquetes de placa B7P-761 y D8W-738 compacto también 4 pasadas a una temperatura de 112 °C, respetándose de esta manera los rangos de temperatura de la compactación intermedia, las cuales se deben dar entre 95° C y 115°C. Finalmente en la compactación final se tuvo registros de 3 pasadas de compactación y temperaturas de 80 °C, 88 °C y 77 °C, para los volquetes de placa D0G-927, B7P-761 y D8W-738 respectivamente; con ello también se respetó los rangos de compactación final los cuales se deben dar entre los 70°C y 95°C.

### **3.10. CONTROL Y EVALUACIÓN DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE COLOCADA Y PRODUCIDA CON EL MÉTODO MARSHALL Y GRANULOMETRÍA SUPERPAVE**

El control y evaluación de la mezcla asfáltica en caliente con granulometría SUPERPAVE empleando el método Marshall, consistió en realizar los ensayos de Extracción Cuantitativa de Asfalto en Mezclas para Pavimentos (Norma MTC E-502/ASTM D-2172/AASHTO T-164), Análisis Mecánico de los Agregados extraídos de las Mezclas (Normas MTC E-503/ASTM D-546/ AASHTO T-30) y Ensayo Marshall (Norma MTC E-504/ASTM D 1559) los resultados de cada uno de estos ensayos se detallan a continuación en los ítem **3.10.1.** y **3.10.2** respectivamente:

#### **3.10.1. RESULTADOS DEL ENSAYO DE EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS Y ANÁLISIS MECÁNICO DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS DE LAS MEZCLAS**

El resultado del lavado Asfáltico o técnicamente denominado Ensayo de Extracción Cuantitativa de Asfalto en Mezclas para Pavimentos se detalla en la siguiente tabla (Ver Tabla 30)

*Tabla 30. Resultados del lavado asfáltico*

<b>RESULTADOS DEL LAVADO ASFÁLTICO</b>		
<b>LAVADO #1</b>		
<b>Porcentaje de grava</b>	<b>%</b>	<b>55,3</b>
<b>Porcentaje de arena</b>	<b>%</b>	<b>39,8</b>
<b>Porcentaje de fino</b>	<b>%</b>	<b>4,9</b>
<b>Total de Agregados</b>	<b>%</b>	<b>100,0</b>
Peso de material sin lavar	%	1405,0
Peso de material lavado	%	1325,8
<b>Contenido de asfalto</b>	<b>%</b>	<b>5,64</b>

*Fuente: Elaboración Propia (ANEXO H)*

**Interpretación:** del resultado del ensayo de Extracción Cuantitativa De Asfalto En Mezclas Para Pavimentos (Lavado Asfáltico) mostrado en la Tabla anterior (Ver Tabla 30), podemos observar que se determinó un 5,64 % de contenido de cemento asfáltico en la Mezcla Asfáltica en Caliente con granulometría SUPERPAVE, por lo cual se comprueba que cumple satisfactoriamente con el ensayo de control, dado que el valor obtenido está dentro del intervalo permitido considerando el mínimo 5,33 % y el máximo 5,73 % cuya tolerancia es de  $\pm 0,2$  % con relación al óptimo contenido de asfalto de 5,53 % determinado en el diseño Marshall.

Por otro lado el resultado del Análisis Mecánico de los Agregados Extraídos de las Mezclas se muestran en la Tabla 31 y Figura 33.

**Tabla 31.** Resultados del ensayo granulométrico

GRADACIÓN SUPERPAVE OBTENIDA				PUNTOS DE CONTROL		ZONA DE RESTRICCIÓN	
Tamiz ASTM	Abertura mm	Abertura Elevada $\text{Æ}^{0,45}$	% Que pasa	MIN	MAX	MIN	MAX
3/4"	19,05	3,762	100,0	100,0	100,0		
1/2"	12,50	3,118	98,1	90,0	100,0		
3/8"	9,50	2,754	75,6				
Nº 4	4,76	2,016	44,7				
Nº 8	2,36	1,472	33,7	28,0	58,0	39,1	39,1
Nº 16	1,18	1,077	22,1			25,6	31,6
Nº 30	0,60	0,795	14,1			19,1	23,1
Nº 50	0,30	0,582	9,6			15,5	15,5
Nº 200	0,07	0,312	4,9	2,0	10,0		

Fuente: Elaboración Propia (ANEXO H)

La gradación granulométrica SUPERPAVE de la Mezcla Asfáltica en Caliente colocada en pista se ilustra en la siguiente gráfica (Ver Figura 33)

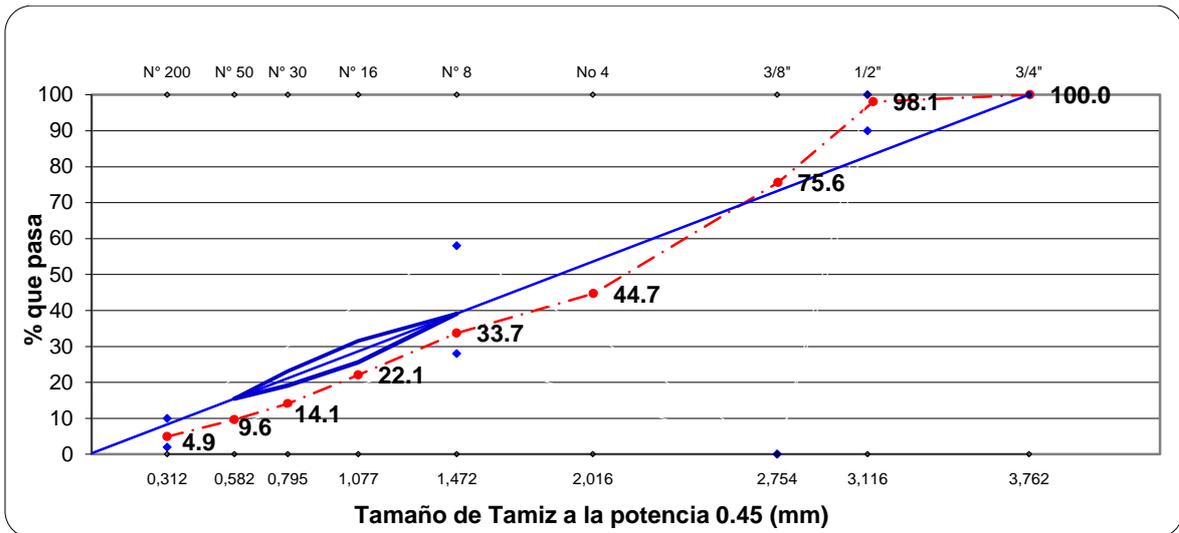


Figura 33. Granulometría SUPERPAVE obtenida de la Mezcla Asfáltica en Caliente colocada en pista

Fuente: Elaboración propia (ANEXO H)

**Interpretación:** El resultado del Análisis Mecánico de los Agregados Extraídos de las Mezclas (ensayo granulométrico) mostrado en la Tabla 31 se observa que se obtuvo los siguientes porcentajes de agregados: 55,3 % de Grava, 39,8 % de Arena y 4,9% de Fino en el tamiz N° 200, además en la Figura 32, se puede observar que la CURVA GRANULOMÉTRICA (% Que pasa) cumple con los mecanismos de control para la GRANULOMETRÍA SUPERPAVE para agregado de Tamaño Máximo Nominal 12,5 mm, además se comprueba que pasa por dentro de los puntos de control, los cuales se ubican en los tamices ¾”, ½”, N° 8 y N° 200, así como también no infringe la zona restringida, puesto que pasa por debajo de esta, lo cual significa que la Mezcla Asfáltica en Caliente con granulometría SUPERPAVE colocada en pista para la nueva Carpeta Asfáltica mostrará un buen desempeño para resistir el ahuellamiento del tráfico al que estará expuesta.

### 3.10.2. RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHALL PRODUCCIÓN

En la siguiente tabla (Ver Tabla 32) se detallan los resultados obtenidos referentes al ensayo Marshall de la Mezcla Asfáltica Producida para su colocación en el km 45+800 al km 46+000 Carril Izquierdo:

**Tabla 32. Resultados del ensayo Marshall Producción**

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DEL ENSAYO	OBSERVACIÓN
Numero de golpes	75	75	Cumple
Estabilidad (kg)	815 (min)	1171	Cumple
Flujo	8 -14 2 - 4 mm	8,38 3,30	Cumple
Porcentaje de Vacíos con aire (Va)	3 - 5	4,2%	Cumple
Vacíos en el agregado mineral (VMA)	14 % (min)	14,9%	Cumple
Relación Polvo – Asfalto	0,6 – 1,3	0,87	Cumple
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm)	1700 – 4000	3550	Cumple

Fuente: Elaboración Propia (ANEXO I)

**Interpretación de los resultados:** De los resultados obtenidos podemos verificar que se obtuvo una estabilidad de 1171 kg, un flujo de 3,3 mm (8,38 centésimas de pulgada), un porcentaje de vacíos de aire de 4,2 %, que está dentro del rango requerido de 3 a 5 %, un porcentaje de Vacíos en el agregado mineral (VMA) de 14,9 %, una relación de polvo Asfalto de 0,87 %, el cual está dentro del rango especificado de 0,6 a 1,3 % y finalmente se obtuvo una relación de Estabilidad/Flujo (índice de rigidez) de 3550 kg/cm, el cual está dentro del rango especificado de 1700 a 4000 kg/cm. Por tanto se deduce que la Mezcla Asfáltica en Caliente con granulometría SUPERPAVE ha cumplido satisfactoriamente con los requisitos requeridos para cada ensayo especificado por el Método Marshall.

### **3.10.3. RESULTADOS DEL ENSAYO LOTTMAN (NORMA ASTM D 4867)**

#### **Descripción del ensayo**

El ensayo de tracción indirecta reproduce el estado de tensiones en la fibra inferior de la capa asfáltica o zona de tracción. Es un método sencillo y práctico que permite caracterizar las propiedades de la Mezcla Asfáltica en Caliente o evaluar el fallo provocado por tensiones de tracción y medir el efecto del agua sobre la resistencia a la tracción indirecta. Este método de prueba abarca el procedimiento para la preparación y prueba de los especímenes de concreto asfáltico para el fin de medir el efecto de agua sobre la resistencia de tensión de la mezcla de pavimentación.

### **Uso y significado**

Se usa para evaluar el efecto de la humedad en las mezclas elaboradas con o sin aditivo adhesivo antistripping), incluidos líquidos y sólidos pulverulentos, tales como cal hidratada o cemento Portland.

Se usa para determinar el potencial de daño por humedad, y determinar si un aditivo adhesivo es efectivo o no y para encontrar la cantidad óptima de aditivo para maximizar su efectividad.

### **Procedimiento**

Para este ensayo Los equipos a utilizar son los mismos del Marshall excepto la mordaza de tracción lottman. Los procedimientos a seguir son los siguientes:

1. Moldear varias probetas con distintos golpes hasta conseguir determinar que tengan vacíos entre 6 a 8%
2. Una vez que se haya conseguido determinar el % de vacíos y la cantidad de golpes que se necesita para que los testigos registren vacíos de 6 a 8%, se procede a elaborar mezcla asfáltica necesaria como para que alcance para moldear 8 briquetas, la mezcla deberá ser ingresada a un horno para su curado a una temperatura de 135 °C por 4 horas.
3. Antes de retirar las muestras de asfalto del horno, se deberá subir la temperatura hasta el rango del valor de compactación de 140 a 145°C y luego compactar 8 testigos de asfalto con el óptimo contenido de cemento asfáltico determinado en el ensayo Marshall.
4. Los moldes con los 8 testigos de asfalto elaborados son desmoldados y se registra el diámetro y espesor (altura), para posteriormente ser ensayados de acuerdo a los procedimientos del ensayo Marshall, en donde se deberá determinar los valores: peso al aire, peso de la briqueta saturado superficialmente seca en aire después de 10 minutos de saturación y peso de la briqueta saturado superficialmente seca en agua.
5. Determinar el peso específico máximo (RICE)
6. Determinar el peso específico bulk de las 8 briquetas de asfalto
7. Calcular el porcentaje de aire
8. Agrupar las briquetas con porcentaje de aire promedio

9. Primer grupo almacenar las briquetas secas en un área apropiada a temperatura ambiente hasta su ensayo.
10. Segundo grupo saturar parcialmente en agua con la bomba de vacíos (Rice), considerar la temperatura del agua 25°C, tiempo y presión.
11. Saturar con agua caliente si es necesario a (60°C)
12. Saturar parcialmente en la bomba de vacío (Rice), aplicando un presión de 70 kilogramos pascales o 525mm Hg o 20 in Hg por un tiempo de 5 minutos (referencia 30 segundos)
13. Determinar el grado de saturación de las briquetas (pesando al aire, y en el agua).
14. El grado de saturación debe estar entre 55 % a 80 %. Si se obtiene más del 80 % el espécimen he sido dañado y se debe descartar.
15. Si las briquetas está sometida a congelamiento y deshielo cada especímenes saturado se introduce en una bolsa de plástico con 3 ml de agua sellar y llevarlo a la congeladora a  $-18 \pm 2^{\circ}\text{C}$  por 15 horas
16. Luego llevarlo al baño maría a  $60^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  por 24 horas, sacar las muestras y dejar 3 minutos al aire y sacar las bolsas.
17. Llevar al baño de agua fría a 25°C por 1 hora, luego a ensayar las briquetas saturadas.
18. Las muestras secas llevarla a baño de agua fría a 25°C por 20 minutos
19. Determinar el esfuerzo a la tensión en la prensa Marshall de ambas muestras a 25°C, aplicando una velocidad de 2” por minuto hasta que el especímenes se fracture. El espécimen debe fracturar y observar el grado de cohesión en la mezcla y tipo de falla.

**Resultado:** en la siguiente imagen (Ver figura 34) y tabla (Ver Tabla 33) se muestran el resultado obtenido en del ensayo del Efecto de Humedad de: sobre las Mezclas Asfálticas (Lottman):

ASTM D-4867 / AASHTO T-283 : LOTTMAN										
Dosis de aditivo en peso de Cemento a asfáltico 0.07 % - ZYCOTHERM										
ENSAYO		Nº	2	4	6	8	1	3	5	7
			Grupo Humedo				Grupo Seco			
DIAMETRO	D	cm	10,14	10,13	10,15	10,15	10,13	10,12	10,15	10,14
ESPESOR	t	cm	6,87	6,82	6,84	6,85	6,82	6,8	6,78	6,76
PESO DE LA MUESTRA SECA AL AIRE	A	Gr.	1216,7	1217,8	1215,7	1221,1	1219,6	1222,2	1221,0	1220,2
PESO DE LA MUESTRA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	B	Gr.	1218,2	1219,3	1217,4	1223,2	1221,2	1223,4	1222,8	1222,5
PESO DE LA MUESTRA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	C	Gr.	701,7	702,5	699,2	707,3	698,5	701,4	699,2	699,4
VOLUMEN (B - C)	E	c.c.	516,5	516,8	518,2	515,9	522,7	522,0	523,6	523,1
P.e. BULK DE LA MUESTRA (A / E)	F	Gr/c.c.	2,356	2,356	2,346	2,367	2,333	2,341	2,332	2,333
ASTM D-2041 PESO ESPECIFICO MAXIMO	G	Gr/c.c.	2,525	2,525	2,525	2,525	2,525	2,525	2,525	2,525
VACIOS (100 (G - F) / G)	H	%	6,72	6,69	7,10	6,27	7,60	7,28	7,66	7,63
VOLUMEN DE VACIOS (HE / 100)	I	c.c.	34,7	34,6	36,8	32,3	39,7	38,0	40,1	39,9
CARGA DE TRACCIÓN INDIRECTA	P	kg	589,5	577,7	569,2	567,7				
MUESTRA SATURADA EN VACIO 19 a 28 " Hg. 2 a 5 min. agua destilada 60°C										
			2	4	6	8				
PESO DE LA MUESTRA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	B'	Gr.	1239,2	1238,8	1237,9	1240,2				
PESO DE LA MUESTRA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	C'	Gr.	721,8	718,9	720,3	724,6				
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B' - C')	E'	c.c.	517,4	519,9	517,6	515,6				
VOL. AGUA DE ABSORCION (B' - A)	J'	c.c.	22,5	21,0	22,2	19,1				
SATURACION (100J' / I)		%	64,9	60,8	60,4	59,1				
HINCHAMIENTO (100 (E' - E) / E)		%	0,2	0,60	-0,12	-0,06				
CONDICIÓN DE SATURACIÓN A 24 Hrs. A 60 °C, Baño María										
			2	4	6	8				
ESPESOR	t'	cm	6,81	6,84	6,83	6,84				
PESO DE LA MUESTRA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	B''	Gr.	1243,9	1247,3	1249,2	1250,5				
PESO DE LA MUESTRA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	C''	Gr.	723,60	725,8	728,2	729,2				
VOLUMEN (B'' - C'')	E''	c.c.	520,30	521,5	521,0	521,3				
VOL. AGUA DE ABSORCION (B'' - A)	J''	c.c.	27,20	29,5	33,5	29,4				
SATURACION (100J'' / I)		%	78,42	85,4	91,1	90,9				
HINCHAMIENTO 100(E'' - E) / E		%	0,74	0,91	0,54	1,05				
CARGA DE TRACCIÓN INDIRECTA	P''	kg	496,8	497,5	494,4	499,3				
RESISTENCIA HUMEDA 2P'' / t' D PI	S <sub>1d</sub>	kg/cm <sup>2</sup>	4,58	4,57	4,54	4,58	4,57			
RESISTENCIA SECA 2P / IDPI	S <sub>1m</sub>	kg/cm <sup>2</sup>	5,39	5,32	5,22	5,20	5,28			
RESISTENCIA RETENIDA TSR 100 S <sub>m</sub> / S <sub>d</sub>										
DAÑOS EN LA MEZCLA										
TSR		%					86,47			

Figura 34. Formato de Ensayo Lottman  
Fuente: Elaboración Propia (ANEXO J)

Tabla 33. Resultados del ensayo Lottman

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DEL ENSAYO	OBSERVACIÓN
Resistencia Conservada (Tracción indirecta) (Norma ASTM D 4867)	80 (min)	86,47	Cumple

Fuente: Elaboración Propia (ANEXO J)

**Interpretación:** El resultado de Tracción indirecta fue de 86,47 %, por lo que cumple y supera el valor mínimo especificado de 80 %, en el grupo de testigos húmedos y secos (Ver Figura 35), se verifico visualmente que la Mezcla Asfáltica en Caliente presenta buena adherencia entre los agregados y el cemento asfáltico PEN 85/100 dosificado con el

aditivo zycotherm a 0,07%; en peso del cemento asfáltico; por lo que se deduce que esa cantidad óptima determinada permite asegurar íntegramente la adherencia y/o adhesividad de los agregados pétreos con el cemento asfáltico aún en presencia de agua y a su vez mejora considerablemente la resistencia a la tracción indirecta de la Mezcla Asfáltica en Caliente.



Figura 35. Testigos de Asfalto-Grupo Húmedo Después del Ensayo Lottman  
Fuente: Elaboración propia

### 3.10.4. RESULTADO DE ENSAYO INMERSIÓN – COMPRESIÓN (EFECTO DEL AGUA SOBRE LA COHESIÓN DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS)

**Descripción del Ensayo:** Este ensayo nos permite medir la resistencia a la compresión de mezclas asfálticas compactadas, en concordancia a las normas MTCE-513 / MTC E 518, ASTM D1074 / ASTM D 1075 y AASHTO T 167 / AASHTO T 165.

**Resultado:** los resultados obtenidos en el ensayo de inmersión-compresión, con respecto a los testigos ensayados para los grupos no sumergidos (secos) y sumergidos (húmedo) se muestran en la siguiente tabla (Ver Tabla 34):

Tabla 34. Resultados del ensayo Inmersión-Compresión

DESCRIPCIÓN	ESPECIFICACIÓN	RESULTADO DEL ENSAYO	OBSERVACIÓN
Resistencia a la compresión (MPa) Normas: MTCE-513/ MTC E 518, ASTM D1074/ASTM D 1075 y AASHTO T 167/ AASHTO T 165	2,1 (min)	Grupo Seco: 2,40 MPa Grupo Húmedo: 2,29 MPa	Cumple

Fuente: Elaboración Propia (ANEXO K)

**Interpretación:** se obtuvieron resultados favorables que supera al 2,1 Mpa mínimo especificado, donde en el grupo 1 (PROBETAS NO SUMERGIDAS) se obtuvo 2,40 Mpa y en el grupo 2 (PROBETAS SUMERGIDAS) se obtuvo 2,29 Mpa, tales valores representan un adecuado comportamiento físico mecánico de la Mezcla Asfáltica con granulometría SUPERPAVE para resistir los esfuerzos a la compresión.

### **3.10.4. RESULTADO DEL ENSAYO DE LA RUEDA DE HAMBURGO PARA EVALUAR EL DESEMPEÑO DE LA MEZCLA ASFÁLTICA AL AHUELLAMIENTO**

#### **Descripción del Equipo/ Ensayo**

La Rueda de Hamburgo es sin duda el equipo más utilizado para evaluar la deformación permanente de las mezclas asfálticas en las condiciones más desfavorables: sumergidas en agua a alta temperatura. Las muestras de 6" de diámetro (150 mm) pueden ser obtenidas en el laboratorio usando el compactador giratorio o bien ser extraídas directamente in-situ.

El ensayo se rige a la norma AASHTO T324 y consiste en aplicar una carga de 705 N (72 Kg) a una temperatura de 50°C +/- 0.5°C durante 20,000 ciclos monitoreando su deformación hasta el límite de 12,5 mm de acuerdo a los criterios establecidos.

#### **Procedimiento**

Antes de iniciar con el Ensayo de la Rueda de Hamburgo se deberá preparar Mezcla Asfáltica en Caliente con los valores de diseño Marshall sin corregir; para ello se sigue los siguientes pasos:

1. Colocar los Agregados que intervendrán en la Mezcla Asfáltica en Caliente con granulometría SUPERPAVE en bandejas (Ver Figura 36).



*Figura 36. Agregados para elaboración de testigos de asfalto  
Fuente: Elaboración propia*

2. Las bandejas con los agregados serán colocados en un horno (Ver Figura 37) para secado por 24 horas.



*Figura 37.* Agregados secando en el horno para elaboración de testigos de asfalto  
*Fuente:* Elaboración propia

3. Aditivar el cemento asfáltico PEN 85/100 con el aditivo mejorador de adherencia Zycotherm a una cantidad de 0,07% en peso del cemento asfáltico (Ver Figura 38), por ejemplo para nuestro ensayo se tomó 500 g de cemento asfáltico PEN 85/100 al que se le añadió el 0,07%, lo cual en peso representa unos 0,35 g de Zycotherm, haciendo un total de 500,35 g.



*Figura 38.* Aditivado del cemento asfáltico Pen 85/100 con 0,07 % de aditivo zycotherm  
*Fuente:* Elaboración propia

4. Dosificar el peso de la mezcla de agregados de acuerdo a los porcentajes del diseño Marshall con granulometría SUPERPAVE. La dosificación de agregados se realizó individualmente para cada testigo de asfalto considerando un peso de 2500 g, quedando distribuido los pesos de cada agregado de acuerdo a los porcentajes de diseño de la siguiente manera (Ver Tabla 35):

**Tabla 35.** Dosificación de agregados para un testigo de asfalto

Agregados de Diseño	Cantera	Porcentajes De Diseño (%)	Pesos Individuales (g)
Grava Triturada <math>\lt; 3/4'' - 1/2''</math>	Carapongo	15 %	375,0 g
Gravilla <math>\lt; 1/2'' - 1/4''</math>	Carapongo	40 %	1000,0 g
Arena triturada <math>\lt; 1/4''</math>	Carapongo	30 %	750,0 g
Arena triturada <math>\lt; 3/16''</math>	Excalibur	13 %	325,0 g
Filler- Cal Hidratada	Industria Minera Calcarea	2 %	50,0 g
Total de agregados		100 %	2500,0 g

Fuente: Elaboración propia

5. A la mezcla de agregados dosificada para la elaboración del testigo de asfalto se le añade 138,3 g de cemento asfáltico PEN 85/100 aditivado con zycotherm (Ver Figura 39)



**Figura 39.** Dosificación de agregados con cemento asfáltico Pen 85/100 aditivado  
Fuente: Elaboración propia

6. La mezcla de agregados deberá ser calentada conjuntamente con el cemento asfáltico a 150 °C, mezclándolo todo en conjunto hasta obtener una pasta homogénea (Ver Figura 40).



*Figura 40.* Calentamiento de la Mezcla de agregados con el cemento asfáltico  
*Fuente:* Elaboración propia

7. La mezcla asfáltica preparada es acondicionada en una bandeja, considerando un espesor de 1" a 2" (25 0 50 mm) de acuerdo a la norma AASHTO-R30 y se la lleva al horno para su curado a corto plazo por 4h±5 minutos a una temperatura de 135 °C ±3°C. (Ver Figura 41)



*Figura 41.* Mezcla Asfáltica en Caliente en horno para curado por 4 horas  
*Fuente:* Elaboración propia

8. Remover la Mezcla Asfáltica en Caliente en cada bandeja cada 60 minutos, para darle una condición uniforme de curado.
9. Una hora antes de cumplirse las 4 horas, se deberá subir la temperatura en el horno a 140 °C (Temperatura de compactación)
10. La Mezcla Asfáltica en Caliente con granulometría SUPERPAVE, es retirada de cada una de las bandejas puestas en el horno, y se toma un peso de 2432 g (este peso fue determinado por computadora cuyo peso permite obtener 7% de vacíos físicamente) para cada testigo de asfalto.
11. Seguidamente en dos tazones con pesos individuales de 2432 g para cada testigo de asfalto se vuelven a colocar al horno por 4 horas (colocar después de 20 minutos la mezcla para el segundo testigo).
12. Pasadas las 4 horas se retira la mezcla del primer testigo y se acondiciona en un molde de compactación previamente calibrado para compactar la Mezcla Asfáltica en Caliente por amasamiento usando el Equipo Compactador Giratorio de acuerdo a la Norma AASHTO T312 (Ver Figura 42).



*Figura 42. Equipo Compactador Giratorio Superpave (SGC)  
Fuente: Elaboración propia*

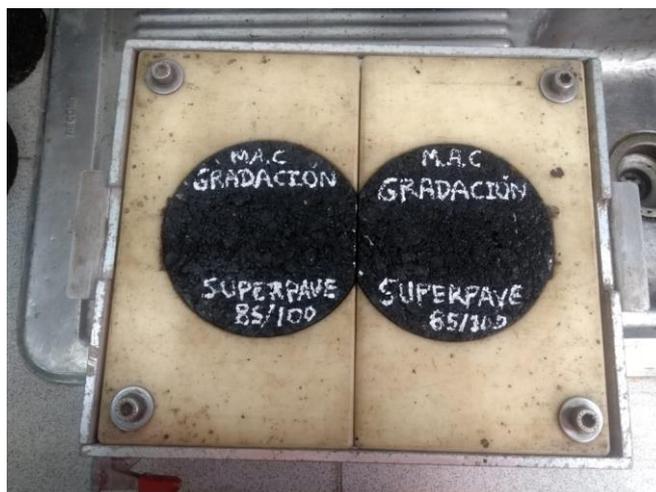
13. Una vez compactados los testigos de asfalto, se deja enfriar y seguidamente se registra su peso, para determinar el porcentaje de vacíos de cada testigo, para ello se aplica la misma metodología del Marshall. Los resultados de la determinación del peso específico bulk de los testigos compactados y su % de vacíos se muestran en la siguiente tabla (Ver Tabla 36)

**Tabla 36. Resultados del Porcentaje de vacíos de los testigos de asfalto para ensayo en la rueda de Hamburgo**

DATOS DE LOS TESTIGOS DE ASFALTO	1	2
PESO DE LA BRIQUETA SECA AL AIRE	2431,8	2431,6
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	2456,1	2446,8
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	1412,6	1404,7
VOLUMEN DE LA BRIQUETA	1043,5	1042,1
P.e. BULK DE LA MUESTRA ( A / E )	2,330	2,333
PESO ESPECIFICO MAXIMO-RICE (ASTM D-2041)	2,521	2,521
% DE VACIOS	7,56	7,44

Fuente: Elaboración propia

14. El porcentaje de vacíos promedio resultante determinado de los testigos de asfalto para el ensayo en la rueda de Hamburgo fue de 7,50%, valor aceptable dentro del rango sugerido de 6 a 8 %.
15. Habiendo comprobado que el porcentaje de vacíos de cada testigo y el promedio de estos cumple con lo requerido, se procede a acondicionarlos (Ver Figura 43 y 44) en unos moldes especiales de ensayo de 150 mm (6”) de diámetro y 60 mm de altura para realizar la prueba de la Rueda de Hamburgo de acuerdo a la norma AASHTO-324.



**Figura 43. Testigos de Asfalto acondicionados en moldes de 150 mm de diámetro y 60 mm espesor**  
Fuente: Elaboración propia



*Figura 44. Testigos de Asfalto acondicionados para el ensayo en la Rueda de Hamburgo*  
*Fuente: Elaboración propia*

16. Los Testigos de Asfalto acondicionados en los moldes de ensayo son sumergido en agua temperada a 50 °C. en el interior de la capsula del Equipo, y se acondiciona una de los dos brazos con los que cuenta el equipo, poniéndolo sobre los testigos de asfalto.
17. El ensayo se da inicio desde la computadora del Equipo de Rueda Hamburgo (Ver Figura 45) y sólo se detendrá cuando los testigos alcancen la máxima profundidad de deformación de 12,5 mm o se cumplan las 20 000 pasadas de carga.



*Figura 45. Equipo de Rueda Hamburgo en funcionamiento realizando el ensayo*  
*Fuente: Elaboración propia*

18. En esta prueba el equipo se detuvo a las 20 000 mil pasadas, llegando una deformación máxima de 4,34 mm. Los testigos de asfalto ensayados se muestran en la siguiente imagen (Ver Figura 46)



Figura 46. Testigos de asfalto fallados después del ensayo de la Rueda de Hamburgo  
Fuente: Elaboración propia

**Resultados:** los resultados obtenidos en la prueba de la Rueda de Hamburgo se muestran en la tabla siguiente (Ver Tabla 37) e imágenes (Ver Figura 47 y 48):

Tabla 37. Resultados del ensayo de La Rueda de Hamburgo

DESCRIPCIÓN	NORMATIVIDAD	RESULTADO	OBSERVACIÓN
Rueda De Hamburgo – Pasadas (AASHTO-324)	20, 000.00	20,000.00	Cumple
Rueda de Hamburgo – mm (AASHTO-324)	12,5 mm (máx)	4,34 mm	Cumple

Fuente: Elaboración propia (ANEXO L)



EXPEDIENTE R.H. / LMA  
189-2018-LAB TDM ASFALTOS

**REPORTE DE ENSAYO DE RUEDA DE HAMBURGO**  
PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE COMPACTADAS  
AASHTO T - 324

PROYECTO : " TESIS: MITIGACIÓN DEL AHUELLAMIENTO, USANDO EL MÉTODO MARSHALL Y GRANULOMETRÍA SUPERPAVE EN LA CARPETA ASFÁLTICA, DEL TRAMO: LA OROYA - JULIA, 2018 "

UBICACIÓN : LA OROYA

SOLICITANTE : CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C. - DARWIN GABRIEL CASTILLO NEYRA

REFERENCIA : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE Y AGREGADOS, PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

FECHA : 08/11/2018

**DETALLE DE LA MEZCLA**

AGREGADO	: CANTERA CARAPONGO / CANTERA EXCALIBUR	TIPO DE COMPACTACIÓN	: COMPACTADOR GIRATORIO
FILLER	: CAL HIDRATADA	PORCENTAJE DE VACÍOS	: 7.5 %
ASFALTO	: PEN 85/100 REPSOL		
ADITIVO	: 0.07% ZYCOTHERM CON RESPECTO AL ASFALTO		

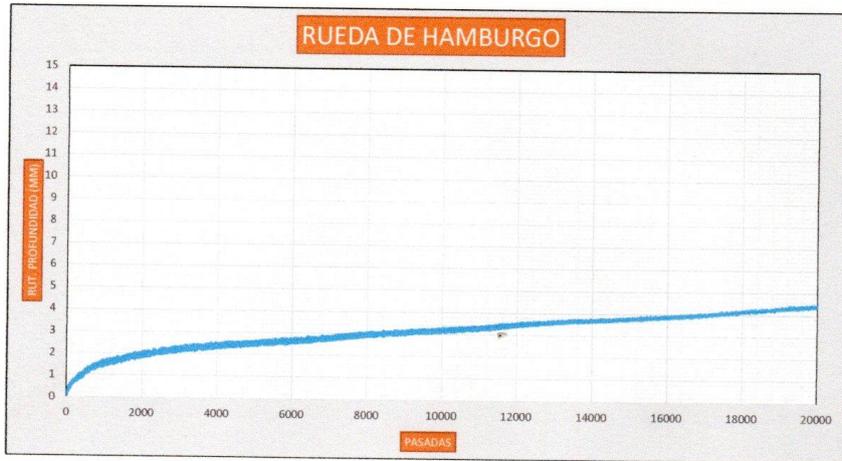
**DATOS INICIALES DE LA PRUEBA**

PRUEBA	: 189	TEMPERATURA DE ENSAYO	: 50 °C
TIPO DE MUESTRA	: Doble Núcleos	NÚMERO MAX. PASADAS	: 20000 pasadas
NOMBRE DE LA MUESTRA	: ----	PROFUNDIDAD MÁXIMA	: 12.5 mm
DIÁMETRO	: 150.0 mm	VELOCIDAD DE LA RUEDA	: 52 pasadas / min
ESPESOR	: 62.0 mm	OPERADOR	: RV

**RESULTADOS FINALES**

PROFUNDIDAD FINAL RUT	: 4.34 mm	PASADAS	: 20000
TIPO DE MEDIO TÉRMICO	: AGUA		
FEEDBACK UTILIZADO	: EN EL TANQUE		
TEMPERATURA MÁXIMA	: 50.4 °C		
TEMPERATURA MÍNIMA	: 49.9 °C		

**OBSERVACIONES**  
• ESTA PRUEBA FUE REALIZADA EN CONCORDANCIA CON LA NORMA AASHTO T-324.



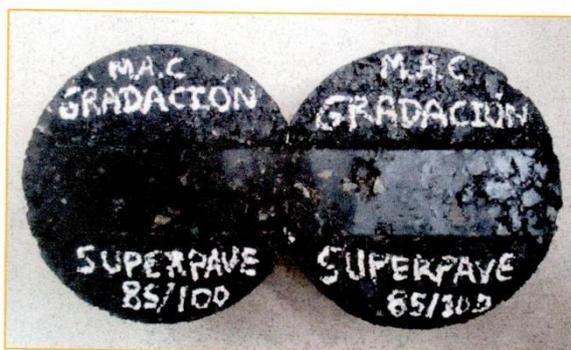
*Guillermo Vera B.*  
Guillermo Vera B.  
Laboratorista

*Alfonso Valencia*  
Alfonso Valencia  
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte Lima, 13 de Noviembre del 2018

EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL USUARIO  
REG-III-TEC-089.V01

Figura 47. Resultado del ensayo de la Rueda de Hamburgo  
Fuente: Laboratorio TDM-Asfaltos (ANEXO L)



EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL USUARIO

REG-III-TEC-089.V01

Figura 48. Testigos de Asfalto después del ensayo de la Rueda de Hamburgo

Fuente: Laboratorio TDM-Asfaltos (ANEXO L)

**Interpretación:** se obtuvieron valores favorables ya que el resultado de la prueba fue de una profundidad de deformación máxima de 4,34 mm a 20,000.00 pasadas de carga, por lo que no supero el valor de 12,5 mm especificado como la máxima deformación, esto significa que la Mezcla Asfáltica en Caliente con granulometría SUPERPAVE, dosificada con cemento asfáltico PEN 85/100 aditivado con 0,07 % de aditivo zycotherm y Cal hidratada, muestra buen desempeño para soportar la deformación permanente (ahuellamiento).

#### IV. DISCUSIÓN

- Según (Padilla, A., 2004) en su tesis “**Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista**”. Tuvo como objetivo identificar los principales factores que ocasionan las deformaciones plásticas permanentes en los pavimentos. El investigador concluye que:

*La formación de las roderas o deformaciones plásticas permanentes, se debe a una serie de factores tales como: El tipo y contenido de ligante asfáltico, composición granulométrica, características de los agregados pétreos, contenido de vacíos en la Mezcla Asfáltica, Relación Filler/asfalto, Cargas por Eje Equivalente, Temperatura y compactación de la mezcla asfáltica.*

De la conclusión anterior se deduce que existe coherencia y correlación en cuanto a los factores que influyen en las deformaciones plásticas de una mezcla bituminosa, por ello en nuestra investigación hemos priorizado un estricto control de calidad en los agregados, donde se evaluó su comportamiento físico-mecánico y químico, obteniéndose resultados favorables durante el proceso de los ensayos de laboratorio realizados. Con los resultados satisfactorios de los ensayos de calidad de los agregados se procedió con la mezcla de agregados para su comprobación en combinación teórica y física; comprobándose que teórica y físicamente la mezcla de agregados tiene una buena distribución granulométrica y cumple con los requisitos de control de la Granulometría SUPERPAVE y Huso D5 de la norma ASTM D 3515, se procedió a elaborar el diseño asfáltico con el método Marshall y Granulometría SUPERPAVE para agregado de Tamaño Máximo Nominal 12.5 mm y así determinar el óptimo contenido de cemento asfáltico y verificar su cumplimiento con los requisitos de la mezcla, así como evaluar sus propiedades volumétricas y su desempeño a la deformación permanente (ahuellamiento) y susceptibilidad al daño por humedad inducida con la prueba de la rueda de Hamburgo; donde se llegó a obtener un resultado favorable, ya que los testigos evaluados fallaron con una deformación máxima de 4,34 mm a 20 000 mil ciclos de carga (pasadas) demostrándose así que la Mezcla Asfáltica en Caliente con granulometría SUPERPAVE muestra un excelente comportamiento para resistir el ahuellamiento a razón de las cargas continuas del tráfico.

- Según la revista titulada: “*Diseño SUPERPAVE-Método de optimización del número de giros de diseño mediante desempeño relativo [en línea]. Infraestructura Vial • No 17 • Febrero 2007*”, en unos de sus párrafos indica que:

*“El método de diseño Superpave ha sido originalmente desarrollado para producir mezclas resistentes al tipo de falla, especialmente ahuellamiento. [...] Esto ha llevado a que se produzcan mezclas con bajos contenidos de ligante asfáltico [...].”*

Analizando esta afirmación se determinó que las mezclas con gradación SUPERPAVE logran optimizar el consumo cemento asfáltico ya que su composición física mecánica lo permite, puesto que se componen de mayor porcentaje de agregado grueso que fino, y ello implica bajar el porcentaje del contenido de cemento asfáltico a la hora de diseñar. Por ello es de mucha importancia determinar adecuadamente el óptimo contenido de cemento asfáltico en la etapa de diseño para así evitar problemas como exudación de la mezcla asfáltica al momento de colocación y compactación en pista.

Los valores del Diseño Marshall con Granulometría SUPERPAVE que se emplearon en la producción de Mezcla Asfáltica en Caliente para la conformación de la nueva carpeta asfáltica en la zona de intervención comprendida en el km 45+800 al km 46+000 son los que datan en la Tabla 28, la cual es la siguiente:

<b>Filler Call hidratada</b>	<b>Arena Triturada Excalibur &lt; 3/16"</b>	<b>Arena Triturada Carapongo &lt; 1/4"</b>	<b>Grava Triturada Carapongo &lt; 3/4" - 1/2"</b>	<b>Gravilla Triturada Carapongo &lt; 1/2"</b>	<b>Óptimo Cemento Asfáltico PEN 85/100</b>	<b>Total Agregados</b>
<b>1,89%</b>	<b>12,28%</b>	<b>28,34%</b>	<b>14,17%</b>	<b>37,79%</b>	<b>5,53%</b>	<b>100,00 %</b>

Durante la producción de la Mezcla Asfáltica en Caliente, se realizó un control del contenido de cemento asfáltico mediante el ensayo de Extracción Cuantitativa de Asfalto en Mezclas para Pavimentos (Lavado Asfáltico) donde se determinó un 5,64 % de contenido de cemento asfáltico en la Mezcla Asfáltica en Caliente con granulometría SUPERPAVE, en la cual se comprobó que cumple satisfactoriamente con el ensayo de control realizado, dado que el valor obtenido está dentro del intervalo permitido considerando el

mínimo 5,33 % y el máximo 5,73 % cuya tolerancia es de  $\pm 0,2$  % con relación al óptimo contenido de asfalto de 5,53 % determinado en el diseño Marshall. Además en el ensayo de Análisis Mecánico de los Agregados Extraídos de las Mezclas se determinó un 55,3 % de Grava, 39,8% de Arena y 4,9 % de fino, por lo que se obtuvo un 0,87% de Relación Polvo Tmàx 0,0074mm/Asfalto Efectivo cumpliendo dentro del rango exigido de 0,6 a 1,3 %.

- Según (MOREA 2016), en su tesis de doctorado titulada: “**DEFORMACIONES PERMANENTES EN MEZCLAS ASFÁLTICAS. Efecto de la reología de los asfaltos, temperatura y las condiciones de carga.**” cuyo objetivo general fue:

“estudiar y caracterizar la deformación permanente en mezclas asfálticas para el uso vial [...] para ello se usan métodos de laboratorio como es el ensayo de la rueda cargada, la cual permite el estudio de dos variables de significativa influencia en el comportamiento frente a la deformación permanente como son la temperatura y las cargas de circulación que soporta el pavimento.”

De lo indicado líneas arriba por Morea, donde él indica que uso el ensayo de la rueda cargada para caracterizar la deformación permanente en mezclas asfálticas, es preciso indicar que en nuestra investigación fue imprescindible también considerar una prueba de igual parecido como es el ensayo de la rueda de Hamburgo, con este ensayo se demostró que la Mezcla Asfáltica en Caliente elaborada con el método de diseño Marshall y granulometría SUPERPAVE compuesta por agregados pétreos e insumos de excelente calidad física-mecánica y química se logra mitigar el ahuellamiento en la carpeta asfáltica.

## V. CONCLUSIONES

1. Se concluye que la combinación física de agregados con los valores de 15% de Grava Triturada  $\frac{3}{4}$ " –  $\frac{1}{2}$ " carapongo, 40% de Gravilla Triturada  $\frac{1}{2}$ " carapongo, Arena Triturada  $< \frac{1}{4}$ " 30% Carapongo, Arena triturada  $< \frac{3}{16}$ " Excalibur y filler – cal hidratada 2,0% determinada en el diseño Marshall con Granulometría SUPERPAVE, cumplieron satisfactoriamente con los puntos control exigidos por la granulométrica SUPERPAVE para agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm, dado que la curva granulométrica en el primer punto de control en el tamiz  $\frac{3}{4}$ " (3,762) el % que pasa es del 100%, el cual cumple con los porcentajes mínimos y máximos que representa el 100%, en el segundo punto de control en el tamiz  $\frac{1}{2}$ " (3,116) el % que pasa es de 93 %, el cual cumple ya que está dentro del rango mínimo y máximo de 90 – 100 %, el tercer punto de control en el tamiz N°8 (1,472), el % que pasa es del 36,4%, el cual cumple ya que está dentro del rango mínimo y máximo de 28 – 58 % y en el cuarto y último punto de control en el tamiz N° 200 (0,312), el % que pasa es de 4,7%, el cual cumple ya que está dentro del rango mínimo y máximo de 2 – 10 %. Además lo más importante es que la curva granulométrica no infringe la zona restringida que se encuentra representada desde el tamiz N° 8 (1,472) hasta el tamiz N° 50 (0,582) ya pasa debajo de esta, y no por encima ni por dentro, lo cual significa que la Mezcla de Agregados para la fabricación de la Mezcla Asfáltica en caliente tendrá buen performance y resistencia para soportar el ahuellamiento. Corroborándose de esta manera que la aplicación de un diseño asfáltico, usando el Método Marshall y la curva granulométrica SUPERPAVE que cumplieron con los rangos mínimos y máximos especificados para los puntos de control, nos permitirá mitigar el ahuellamiento en el área rehabilitada del km 45+800 al km 46+000 carril izquierdo, correspondiente al tramo: La Oroya – Jauja.
2. La producción de la mezcla asfáltica en caliente se ejecutó con los valores de diseño Marshall corregido tales como: **Grava Triturada  $< \frac{3}{4}$ " -  $\frac{1}{2}$ "- Cantera Carapongo=14,17%, Gravilla Triturada  $< \frac{1}{2}$ "- Cantera Carapongo=37,79%, Arena Triturada  $< \frac{1}{4}$ "-Cantera**

**Carapongo=28,34%, Arena Triturada < 3/16"- Cantera Excalibur=12,28%, Filler Cal hidratada=1,89% y óptimo de Cemento Asfáltico PEN 85/100=5,53%**, durante la producción de la Mezcla Asfáltica con Granulometría SUPERPAVE se realizaron los ensayos de:

- Extracción Cuantitativa de Asfalto en Mezclas para Pavimentos – Norma: MTC E-502 / ASTM D2172 / AASHTO T164 (Lavado Asfáltico) realizado a la Mezcla Asfáltica con granulometría SUPERPPAVE producida en la planta de asfalto (ubicada en el km 18+700 LD) para su colocación en el área de intervención en el km 45+800 al km 46+000 carril izquierdo, que se muestra en la **Tabla 30** de esta investigación dio un resultado favorable, donde se determinó un contenido de cemento asfáltico de 5,64 %, el cual cumple dentro del rango de valor mínimo de 5,33% y máximo de 5,73 % requerido de acuerdo al óptimo porcentaje de contenido de cemento asfáltico de 5,53 % cuya variación de tolerancia es de  $\pm 0,2\%$  con relación al óptimo de cemento asfáltico determinado en el diseño Marshall. Por lo tanto el adecuado control del óptimo porcentaje de contenido de cemento asfáltico dentro de sus rangos permisibles nos permitió mejorar la resistencia y durabilidad de la mezcla Asfáltica lo cual se demostró en el ensayo de la rueda Hamburgo.
- Análisis Mecánico de los Agregados Extraídos de las Mezclas – Norma: MTC E-503 / ASTM D546 / AASHTO T30 (Granulometría), se obtuvieron resultados físico mecánicos favorable, ya que se obtuvo un 55,3 % de Grava, 39,8 % de arena y 4,9 % de fino, por lo que la granulometría SUPERPAVE cumplió con los puntos de control, dado que la curva granulométrica en el primer punto de control en el tamiz  $\frac{3}{4}$ " (3,762) el % que pasa es del 100%, el cual cumple con los porcentajes mínimos y máximos que representa el 100%, en el segundo punto de control en el tamiz  $\frac{1}{2}$ " (3,116) el % que pasa es de 98,1 %, el cual cumple ya que está dentro del rango mínimo y máximo de 90 – 100 %, el tercer punto de control en el tamiz N°8 (1,472), el % que pasa es del 33,7%, el

cual cumple ya que está dentro del rango mínimo y máximo de 28 – 58 % y en el cuarto y último punto de control en el tamiz N° 200 (0,312), el % que pasa es de 4,9%, el cual cumple ya que está dentro del rango mínimo y máximo de 2 – 10 %. Además lo más importante es que la curva granulométrica no infringe la zona restringida que se encuentra representada desde el tamiz N° 8 (1,472) hasta el tamiz N° 50 (0,582) ya pasa debajo de esta, y no por encima ni por dentro, lo cual significa que la carpeta asfáltica colocada en pista en el km 45+800 al km 46+000 carril izquierdo se desempeñara con buen performance y resistencia para soportar las cargas del tránsito pesado y mitigar el ahuellamiento.

- La prueba a la tracción indirecta (Ensayo Lottman Norma: AASHTO T283), donde se obtuvo un 86,47%, superando con esto el valor mínimo especificado de 80 %, lo cual significa que el cemento asfáltico PEN 85/100 aditivado con zycotherm y la cal hidratada permiten mejorar la resistencia y adhesividad en los áridos y agregados pétreos de la Mezcla Asfáltica en Caliente.

Por lo tanto se concluye que el óptimo porcentaje de contenido de cemento asfáltico, el filler cal hidratada, el mejorador de adherencia zycotherm, con sus valores de dosificación adecuados de acuerdo al diseño asfáltico nos permitieron mejorar la adherencia y/o adhesividad en los agregados y por ende incrementar la resistencia y durabilidad de la Mezcla Asfáltica en caliente para que esta tenga un buen desempeño y performance para mitigar el ahuellamiento (deformación permanente) en la carpeta asfáltica colocada en pista en el km 45+800 al km 46+000 carril izquierdo, del tramo: La Oroya - Jauja.

3. La Mezcla Asfáltica en Caliente con granulometría SUPERPAVE fue evaluada por desempeño para verificar su resistencia al ahuellamiento (deformación permanente) y a la susceptibilidad al daño por humedad inducida, esto consistió en preparar dos testigos de asfalto compactándolos con el Compactador Giratorio (Norma AASHTO T312) con un óptimo de asfalto de 5,53% (PEN 85/100) y 7,5 % de vacíos, para luego ser sometidos

al Ensayo de la rueda de Hamburgo (Norma AASHTO-324), donde se obtuvieron valores favorables ya que el resultado de la prueba fue de una deformación máxima de 4,34 mm a 20,000.00 pasadas, por lo que no supero el valor de 12,5 mm especificado como la máxima deformación. Por lo tanto esto nos permite concluir que la Granulometría SUPERPAVE mejora la resistencia de la Mezcla Asfáltica en Caliente y por ende favorece el desempeño estructural de la capa de rodadura (carpeta asfáltica) y con ello lograr mitigar el ahuellamiento de la carpeta asfáltica en el km 45+800 al km 46+000 carril izquierdo, del tramo: La Oroya - Jauja.

4. En el *Control de Temperatura y Compactación en pista* mostrada en la **Tabla 29** de esta investigación, se puede observar que hubo un adecuado control en la compactación y la temperatura para la colocación de la Mezcla Asfáltica en Caliente en pista en el km 45+800 al km 46+000 Carril Izquierdo del tramo: La Oroya – Jauja; puesto que la **compactación inicial** ejecutada con el rodillo liso tándem vibratorio, empezó con dos pasadas en Alta y 2 en Baja a una temperatura de compactación de 145 °C con una amplitud de 3 000 - 3 200 y 3 000 - 3 400 Vibraciones Por Minuto (VPM) para los volquetes de placa D0G-927, B7P-761 y D8W-738 respectivamente; por otro lado para la **compactación intermedia** se esperó que la temperatura de la Mezcla Asfáltica en caliente baje a 115 °C para que el rodillo neumático haga su ingreso; en la tabla se puede observar que el rodillo neumático para el primer volquete de placa D0G-927, ingreso a compactar con 4 pasadas y una temperatura de 113 °C y para los volquetes de placa B7P-761 y D8W-738 compacto también 4 pasadas a una temperatura de 112 °C, respetándose de esta manera los rangos de temperatura de la compactación intermedia, las cuales se deben dar entre 95° C y 115°C. Finalmente en la **compactación final** se tuvo registros de 3 pasadas de compactación y temperaturas de 80 °C, 88 °C y 77 °C, para los volquetes de placa D0G-927, B7P-761 y D8W-738 respectivamente; con ello también se respetó los rangos de compactación final los cuales se deben dar entre los 70°C y 95°C.

Por tanto con ello se concluye que el adecuado control del proceso constructivo respetándose los rangos de temperaturas para la compactación

y las propiedades volumétricas de la Mezcla Asfáltica en Caliente con granulometría SUPERPAVE nos permitirá mitigar el ahueamiento en la carpeta asfáltica del km 45+800 al km 46+000 carril izquierdo, del tramo: La Oroya - Jauja.

5. El óptimo contenido de cemento asfáltico determinado en el diseño Marshall con granulometría SUPERPAVE para agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm fue de 5,53 %. Los resultados obtenidos fueron: Estabilidad 1305 kg, el cual cumple y supera al mínimo exigido de 825 kg, flujo de 3,5 mm, el cual cumple ya que está dentro del rango requerido de 2 a 4 mm, Vacíos de aire (Va) 3,8%, el cual cumple ya que está dentro del rango requerido de 3 a 5 %, Vacíos en el agregado Mineral (V.M.A.) 14,30 %, el cual cumple y supera al mínimo requerido de 14 %, resistencia a la estabilidad retenida 82,5 %, el cual cumple y supera al mínimo requerido de 75, índice de compactabilidad 5,65%, el cual cumple y supera al mínimo requerido de 5%, y la Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) o índice de rigidez 3729 kg/cm, el cual cumple ya que está dentro del rango requerido de 1700 a 4000 kg/cm. Por lo tanto los valores que se obtuvieron en el Diseño Marshall con granulometría SUPERPAVE cumplieron satisfactoriamente con los requisitos exigidos por el Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013 en su **Tabla 423-06 Requisitos para mezcla de concreto bituminoso**, con respecto a Mezclas Asfálticas en Caliente.
6. La adecuada selección y caracterización física-mecánica de los agregados gruesos y finos nos permitió obtener ensayos favorables en el diseño asfáltico con el método Marshall y granulometría SUPERPAVE ya que se cumplió satisfactoriamente con los requisitos para mezcla de concreto bituminoso exigidos en tabla 423-06 referida en las especificaciones técnicas del Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013.

## VI. RECOMENDACIONES

1. La Mezcla Asfáltica en Caliente con Granulometría SUPERPAVE para agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm de esta investigación fue elaborada con un cemento asfáltico convencional de tipo PEN 85/100, por ello debe ser evaluada con el ensayo a la Fatiga (Norma AASHTO T 321) para verificar su desempeño a no sufrir fisuras y grietas (piel de cocodrilo) durante su servicio.
2. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones debe considerar la combinación granulométrica SUPERPAVE para agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm en las especificaciones técnicas del Manual de Carreteras - Especificaciones Técnicas Generales para Construcción - EG-2013, ya que tal gradación no se encuentra referenciada en dicho manual.
3. La combinación granulométrica SUPERPAVE para agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm, puede ser empleada en mezclas tibias o frías, por ello es recomendable su utilidad para mitigar el ahuellamiento en la carpeta asfáltica.
4. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones debe implementar un laboratorio de ensayos de materiales con equipos de la metodología SUPERPAVE para evaluar las Mezclas Asfálticas en Caliente por desempeño y así elaborar una nueva normatividad para pavimentos asfálticos que regule su empleabilidad para la construcción de carreteras con gran volumen de tráfico.
5. Esta investigación permite de alguna manera ampliar otras investigaciones, tales como:
  - Estudiar el comportamiento de la Mezcla Asfáltica con granulometría SUPERPAVE para la Resistencia a la Fatiga (piel de cocodrilo) con asfalto modificado con polímero SBS y convencional.
  - Estudiar la influencia de la granulometría SUPERPAVE con cal hidratada y los tipos de cemento asfáltico convencional en la resistencia al ahuellamiento o deformación permanente en mezclas asfálticas en climas cálidos y fríos.
  - Estudiar el módulo resiliente o dinámico de una Mezcla Asfáltica con granulometría SUPERPAVE y su influencia en la mitigación del ahuellamiento con asfalto modificado y convencional.
  - Estudiar la influencia de los factores de carga y de servicio en la Mezcla Asfáltica con granulometría SUPERPAVE para agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm con distintos tipos de cemento asfáltico.

## REFERENCIAS

1. APAZA, Ciro. Deformación en las Mezclas Asfálticas y su consecuente deterioro en los pavimentos asfálticos en la ciudad de Juliaca – 2016. Tesis de maestría en ingeniería civil [en línea]. Juliaca: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2017. [fecha de consulta: 21 mayo de 2018]. Disponible en: <http://repositorio.uancv.edu.pe/bitstream/handle/UANCV/1377/tesis.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
2. APUNTES de ingeniería civil [mensaje en un blog]. LIMA: Blogger, G., (13 de mayo de 2009). [fecha de consulta: 21 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://ingenieriacivilapuntes.blogspot.pe/2009/05/descripcion-carpeta-asfaltica.html>
3. Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas [en línea]. por GARNICA, Paul [et al.]. Publicación técnica No 246, Instituto Mexicano del Transporte, 2004. [fecha de consulta: 27 mayo de 2018]. Disponible en: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt246.pdf>
4. Asphalt Institute MS-22. Principios de Construcción de Pavimentos de mezcla asfáltica en caliente. Serie de Manuales N° 22. Cap.3, 57 p.
5. BERNAL, Cesar. Metodología de la investigación. 3.<sup>a</sup> ed. Colombia: PEARSON EDUCACIÓN, 2010. 220 p. ISBN: 9789586991285
6. BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros.[en línea]. Chiclayo-Perú, 2012. 8 p. [fecha de consulta: 15 de abril de 2018] Disponible en: <https://es.slideshare.net/manborja/metodologia-de-inv-cientifica-para-ing-civil>
7. BOTASSO, Hugo [et al.]. Medición del ahuellamiento en mezclas densas en caliente. XXXVI Reunión del Asfalto. Buenos Aires (Argentina) pp. 1-12, 2010.
8. CARRASCO, Sergio. Metodología de la investigación científica. (1.a edición). Perú. ISBN: 9972342425.
9. CRESPIN, Rafael, SANTACRUZ, Ismael y TORRES, Pablo. Aplicación del método Marshall y granulometría SUPERPAVE en el diseño de mezclas asfálticas en caliente con asfalto clasificación grado de desempeño. Tesis de Grado [en línea]. 2012. [fecha de consulta: 27 de mayo de 2018]. Disponible en: [http://ri.ues.edu.sv/1796/1/TESIS\\_FULL\\_CORR.pdf](http://ri.ues.edu.sv/1796/1/TESIS_FULL_CORR.pdf)

- Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt299.pdf>
10. DELBONO, Héctor, REBOLLO, Oscar. Ahuellamiento En Pavimentos Asfálticos Utilizando Geosintéticos [en línea]. Congreso Ibero-Latinamericano de Asfalto, Medellín, 2017. [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://ria.utn.edu.ar/bitstream/handle/123456789/2496/Ahuellamiento%20en%20pavimentos%20asf%C3%A1lticos%20utilizando%20geosint%C3%A9ticos.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
  11. DELGADO, Horacio [et al.]. Influencia de La Granulometría en las Propiedades Volumétricas de la Mezcla Asfáltica [en línea]. Publicación técnica No 299, Instituto Mexicano del Transporte, 2006. [fecha de consulta: 15 de abril de 2018].  
Disponible en: <https://imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt299.pdf>
  12. DELGADO, Horacio [et al., s.f.]. Diseño de mezclas asfálticas con la metodología Superpave (Nivel 1) [en línea]. [fecha de consulta: 14 de junio de 2018].  
Disponible en: [http://www.academia.edu/5320269/Dise%C3%B1o\\_de\\_mezclas\\_asf%C3%A1lticas\\_con\\_la\\_metodolog%C3%ADa\\_Superpave\\_Nivel\\_1\\_Superpave\\_hot\\_mix\\_asphalt\\_de\\_sign\\_Level\\_1\\_](http://www.academia.edu/5320269/Dise%C3%B1o_de_mezclas_asf%C3%A1lticas_con_la_metodolog%C3%ADa_Superpave_Nivel_1_Superpave_hot_mix_asphalt_de_sign_Level_1_)
  13. ESPECIFICACIÓN PARTICULAR, Ep-1 HWT, Prueba de susceptibilidad a la humedad y a las deformaciones permanentes usando la rueda cargada de Hamburgo en especímenes extraídos de campo [en línea]. [fecha de consulta: 21 de mayo de 2018]. Disponible en: [http://catarina.udlap.mx/u\\_dl\\_a/tales/documentos/lic/caceres\\_m\\_ca/apendiceA.pdf](http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/caceres_m_ca/apendiceA.pdf)
  14. FONDO EDITORIAL UCV. Referencias estilo ISO 690 Y 690-2. Adaptación de la norma de la International Organization for Standardization (ISO). Lima: Universidad César Vallejo, 2017.
  15. GARNICA, Paul, DELGADO, Horacio y GÓMEZ, José. Análisis de la influencia del método de compactación en el comportamiento mecánico de mezclas asfálticas [en línea]. Publicación técnica No 255, Instituto Mexicano del Transporte, 2004. [fecha de consulta: 25 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt255.pdf>
  16. GARNICA, Paul, GÓMEZ, José, DELGADO, Horacio. Algunos aspectos de la densificación de las mezclas asfálticas con el compactador giratorio [en línea]. Publicación técnica No. 228, Instituto Mexicano del Transporte, 2003. [fecha de

- consulta: 25 de mayo de 2018]. Disponible en:  
<https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt228.pdf>
17. HARRIGAN, Edward. A manual for Design of Hot Mix Asphalt with Commentary. Washington DC: National Cooperate Highway Reserch Program, 2011.4 p.
  18. HARRIGAN, Edward, LEAHY, Rita and YOUTCHEFF, Jack, The SUPERPAVE Mix Design System Manual of Specification, Test Method, and Practices, SHRP-A-379, Strategic Highway Research Program, National Research Council, Washington, DC, 1994. [date of consultation: May 25, 2018]. available in:  
<http://onlinepubs.trb.org/onlinepubs/shrp/SHRP-A-379.pdf>  
ISBN: 0309057647
  19. HERNÁNDEZ, Sampieri, FERNÁNDEZ, Roberto, BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación- 6<sup>a</sup> ed. Chile: McGraw-Hill / Interamericana Editores, 2010.4p.
  20. HUAMÁN, Nestor. La deformación permanente en las mezclas asfálticas y el consecuente deterioro de los pavimentos asfálticos en el Perú. Tesis de maestria en ingeniería de transportes [en línea]. Lima: Universidad Nacional de Lima, 2011.[fecha de consulta: 24 de mayo de 2018]. Disponible en:  
[http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/819/1/huaman\\_gn.pdf](http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/819/1/huaman_gn.pdf) o  
<http://docplayer.es/18728870-Universidad-nacional-de-ingenieria-facultad-de-ingenieria-civil-seccion-de-postgrado-la-deformacion-permanente-en-las-mezclas.html>
  21. Metodología SUPERPAVE para el Diseño de Mezclas Asfálticas [en línea]. [Fecha de consulta: 25 de mayo de 2018]. Disponible en:  
[https://www.academia.edu/6666735/M%C3%89TODO\\_SUPERPAVE\\_P%C3%A1g\\_de\\_15\\_Metodolog%C3%ADa\\_SUPERPAVE\\_para\\_el](https://www.academia.edu/6666735/M%C3%89TODO_SUPERPAVE_P%C3%A1g_de_15_Metodolog%C3%ADa_SUPERPAVE_para_el)
  22. Mezclas Asfálticas en Caliente [en línea]. Ecuador: Universidad Particular de Loja. [fecha de consulta: 03 de setiembre de 2018]. Disponible en:  
<https://es.slideshare.net/UCGcertificacionvial/mezclas-asflticas-en-calientesemana-16-1588747>
  23. MINISTERIO de transporte y comunicaciones (Perú). R.D. N° 10.2014 – MTC/14: Manual de Carreteras. Perú: INN, 2014.77 p.

24. MOREA, Francisco. Deformaciones permanentes en mezclas asfálticas, problemática y medición en laboratorio, Tesis de becario doctoral Conicet, 2009. 11 p.
25. MOREA, Francisco. DEFORMACIONES PERMANENTES EN MEZCLAS ASFÁLTICAS. Efecto de la reología de los asfaltos, temperatura y las condiciones de carga. Tesis de doctorado en ingeniería [en línea]. La Plata: Universidad Nacional de La Plata, 2016. [fecha de consulta: 15 de abril de 2018]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/1457>
26. NIETO, Juan y REBOLLO, Oscar. Suceptibilidad al ahuellamiento en carpetas asfálticas. Tesis de becarios de investigación del LEMaC, 2009. 156 p.
27. OLIVERA, Fernando. Estructuración De Vías Terrestres. 2ª. ed. Editorial Continental, 1996. 277 p.  
ISBN 9255136317
28. ORELLANA, Susana. Análisis del Comportamiento y Beneficios de las Mezclas Asfálticas Tibias. Tesis de titulación para ingeniero civil [en línea]. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, 2016. [fecha de consulta: 25 de mayo de 2018]. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/5479>
29. PADILLA, Alejandro. Deformaciones plásticas en capas de rodaduras en pavimentos asfálticos. Tesis de Grado [en línea]. México: Universidad UPC, 2007. [fecha de consulta: 26 junio de 2018]. Disponible en: <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/3334/34065-15.pdf?sequence=15&isAllowed=y>
30. PADILLA, Alejandro. Análisis de la resistencia a las deformaciones plásticas de mezclas bituminosas densas de la normativa mexicana mediante el ensayo de pista. Tesina [en línea]. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, 2004. [fecha de consulta: 26 junio de 2018]. Disponible en: <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/3334>
31. RONDON, Hugo. Deformación permanente en pavimentos flexibles. Tesis [en línea]. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya, 2009. [fecha de consulta: 13 de abril de 2018]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/riium/v8n14/v8n14a06.pdf>
32. Superpave 1999-2000 National Implementation, Report to the AASHTO Task Force on SHRP Implementation, May 2000.

33. Superpave Mix Design, Superpave Series No. 2 (SP-2), The Asphalt Institute, Lexington, Kentucky, 1996.
34. Superpave Performance-Graded Asphalt Binder Specification and Testing, Superpave Series No. 1 (SP-1), The Asphalt Institute, Lexington, Kentucky, 1995.
35. Tablas de Corrección de Estabilidad Marshall [en línea]. [fecha de consulta: 03 de setiembre de 2018]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/359018633/Tabla-de-correccion-de-estabilidad-Marshall-1-pdf>
36. TAMAYO, Mario. El proceso de investigación científica. México: Limusa, 2004.176 p.
37. THENOUX, Guillermo y CARRILLO, Héctor. Análisis de casos de Ahuellamiento en Mezclas Asfálticas chilenas. [en línea]. Santiago, Chile. 2002. [fecha de consulta: 15 de abril de 2018]. Disponible en: [http://www2.udec.cl/~provincial/trabajos\\_pdf/16GmoThenouxAhuellamiento.pdf](http://www2.udec.cl/~provincial/trabajos_pdf/16GmoThenouxAhuellamiento.pdf)
38. The SUPERPAVE Mix Design System Manual of Specifications, Test Methods, and Practices, Report No. SHRP-A-379, National Research Council (Strategic Highway Research Program), Washington, D.C., 1994.
39. UNIVERSIDAD César Vallejo. Diseño y desarrollo del proyecto de investigación: Guía de aprendizaje. Trujillo- Perú: Escuela de Postgrado, 2013.
40. VALERIANO, Wilbert y CATACORA, Adhemir. Comportamiento del diseño de Mezcla Asfáltica Tibia, con adición de Zeolita para la pavimentación de la ciudad de Juliaca. Tesis. Puno: Universidad Nacional del Altiplano, 2017. [fecha de consulta: 25 de mayo de 2018]. Disponible en <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/4985>
41. WesTrack Forensic Team. Performance of Coarse-Graded Mixes at WesTrack— Premature Rutting, Report No. FHWA-RD99-134, Federal Highway Administration, Washington, D.C., June 1998.
42. Zydex Industries. (s.f.). Optimización de asfalto con Zycotherm. Ficha técnica,Lima.

# **ANEXOS**

## ANEXO N°1 MATRIZ DE OPERALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables						
Variable independiente	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología de investigación
Mezcla Asfáltica con granulometría SUPERPAVE.	<p>(Harrigan, 2011, p. 4) Define que, Una mezcla asfáltica es aquella compuesta por agregado y cemento asfáltico, donde el agregado abarca usualmente el 95% del peso de la mezcla y el cemento asfáltico el otro 5%. En cuanto a volumen, el agregado ocupa un 85%, el cemento asfáltico 10% y una cantidad de vacíos del 5%. Entonces, es el cemento asfáltico el que mantiene el agregado adherido en una mezcla asfáltica.</p>	<p>Se realiza el diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente elaborado el laboratorio con el método Marshall y Granulometría SUPERPAVE, para evaluar su desempeño frente al ahuellamiento, a través del Ensayo de la Rueda de Hamburgo, si el resultado es satisfactorio no se hará ajustes en el diseño, sin embargo si el resultado es desfavorable se tendrá que replantear el diseño haciendo los ajustes necesarios.</p>	Agregados Pétreos	Granulometría	Formatos de acuerdo al Manual de ensayos de Materiales (MTC) Manual de Carreteras EG-2013 y método SUPERPAVE.	Método: <b>Método científico</b>  Enfoque: <b>Cuantitativo</b>  Tipo de investigación: <b>Aplicada</b>
				Durabilidad		
				Abrasión		
				Caras Facturadas		
				Chatas y Alargadas		
				Peso específico y Absorción		
				Adherencia		
				Índice de Durabilidad		
				Azul de Metileno		
				Sales Solubles		
			Equivalente de Arena			
			Adhesividad (Riedel Weber)			
			Índice de plasticidad Malla N° 40 y N° 200.			
Propiedades Volumétricas	Máxima Densidad Teórica	Normas: MTC E-508 ASTM D2041 / AASHTO T209	Manual de ensayos de Materiales (MTC) Manual de Carreteras EG-2013 y Norma ASTM D1559 (Método Marshall)	Nivel de investigación: <b>Explicativo</b>		
	Peso específico					
	vacíos de aire (VA)					
	vacíos en el agregado mineral (VMA)					
	vacíos llenos de asfalto (VFA)					
	Flujo/Esatibilidad					
Índice de Compactibilidad						
Contenido de Cemento Asfáltico	Estabilidad Retenida	Normas: ASTM D2172 / MTC E-502, ASTM D422/MTCE-204	Norma: AASHTO T283	Diseño de la Investigación: <b>Cuasi-Experimental</b>		
	Extracción cuantitativa de asfalto					
Variable dependiente	<p>El ahuellamiento es un tipo de defecto o falla producida en pavimentos asfálticos, que consiste en una depresión canalizada en la huella de circulación de los vehículos. Se manifiesta en pavimentos asfálticos sometidos a una combinación de elevados niveles de tránsito, tráfico pesado y/o lento y altas temperaturas de servicio. (Thenoux Z., et al. 2002)</p>	<p>Se evaluará el desempeño de la carpeta asfáltica con Ensayos destructivos y no destructivos.</p>	Proceso Constructivo de la Carpeta Asfáltica	Ensayo Lottman	Norma: ASTM D1074/ASTM D1075 /MTC E518  Norma: AASHTO T324  Ficha de registro de temperatura y compactación.	
				Efecto del agua sobre la cohesión de las mezclas asfálticas compactadas Ensayo Inmersión - Compresión		
				Ensayo de Rueda de Hamburgo		
				Registro de Temperatura		
				Control de Compactación		

Fuente: Elaboración Propia

## ANEXO N°2 MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: "Mitigación del Ahuellamiento, usando el método Marshall y granulometría SUPERPAVE en la carpeta asfáltica, del tramo: La Oroya – Jauja, 2018"						
Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos
Problema principal	Objetivo general	Hipótesis general	Variable independiente			
¿Cómo influye el diseño asfáltico elaborado con el método Marshall y granulometría SUPERPAVE en la mitigación del ahuellamiento de la carpeta asfáltica, del tramo: La Oroya – Jauja, 2018?	Mitigar el ahuellamiento elaborando un diseño asfáltico con el método Marshall y la granulometría SUPERPAVE en la carpeta asfáltica del tramo: La Oroya - Jauja, en el año 2018.	La aplicación de un diseño asfáltico en caliente, usando el método Marshall y Granulometría Superpave nos permitirá mitigar el ahuellamiento en la carpeta asfáltica del tramo: La Oroya – Jauja, en el 2018.	Mezcla asfáltica con granulometría SUPERPAVE.	Agregados Pétreos	Granulometría	Manual de Ensayo de Materiales (MTC), Manual de Carreteras EG-2013 y método SUPERPAVE.
					Durabilidad	
					Abrasión	
					Caras Facturadas	
					Chatas y Alargadas	
					Peso específico y Absorción	
					Adherencia	
					Índice de Durabilidad	
					Azul de Metileno	
					Índice de Durabilidad	
					Sales Solubles	
					Equivalente de Arena	
					Adhesividad (Riedel Weber)	
Índice de plasticidad Mala N° 40 y N° 200.						
Propiedades Volumétricas	Máxima Densidad Teórica	Normas: MTC E-508 ASTM D2041 / AASHTO T209				
			Peso específico			
			vacíos de aire (VA)			
			vacíos en el agregado mineral (VMA)			
			vacíos llenos de asfalto (VFA)			
			Flujo/Estabilidad			
Contenido de Cemento Asfáltico	Extracción cuantitativa de asfalto	Normas: ASTM D-2172 / MTC E-502 ASTM D-422 / MTC E-204				
			Granulometría			
<b>Problemas específicos</b>	<b>Objetivos específicos</b>	<b>Hipótesis específicas</b>	<b>Variable dependiente</b>			
¿Con qué ensayo de laboratorio se podrá evaluar la resistencia de la mezcla asfáltica en caliente al ahuellamiento?	Evaluar la resistencia al desgaste del agregado grueso, durabilidad del agregado fino y grueso, mediante el ensayo de Abrasión en la máquina los Angeles y ensayo de durabilidad respectivamente.	El óptimo porcentaje de contenido de cemento asfáltico, el Filler tipo cal hidratada y el aditivo mejorador de adherencia zycotherm nos ayudará en la adhesividad de los agregados y por ende en la resistencia y durabilidad de la Mezcla Asfáltica en Caliente para lograr mitigar el ahuellamiento de la carpeta asfáltica del tramo: La Oroya – Jauja.	El Ahuellamiento en la carpeta asfáltica.	Proceso Constructivo de la Carpeta Asfáltica	Ensayo Lottman	Norma: AASHTO T283
¿Con qué requisitos de calidad deben ser evaluados los agregados pétreos, el filler mineral tipo cal hidratada y el cemento asfáltico para ser usados en el diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente?	Evaluar la resistencia al ahuellamiento de la mezcla asfáltica en caliente mediante el ensayo de la Rueda de Hamburgo.	La Granulometría SUPERPAVE mejora la resistencia de la Mezcla Asfáltica en Caliente y por ende favorece el desempeño estructural de la capa de rodadura y con ello se logra mitigar el ahuellamiento de la carpeta asfáltica del tramo: La Oroya – Jauja.			Efecto del Agua sobre La cohesión de las mezclas asfálticas Compactadas (Ensayo De Inmersión / Compresión)	Norma ASTM D 1074 / ASTM D 1075 MTC E 513 / MTC E 518
¿Con qué frecuencia se debe supervisar el control de la temperatura, las propiedades volumétricas y el grado de compactación de la Mezcla Asfáltica en Caliente durante el proceso constructivo de la carpeta asfáltica para mitigar el ahuellamiento?	Realizar el ensayo Lottman (Ensayo de tracción indirecta) para analizar el efecto de humedad sobre la mezcla asfáltica con granulometría SUPERPAVE.	El adecuado control de la temperatura y las propiedades volumétricas en la compactación de la Mezcla Asfáltica en Caliente nos permitirá mitigar el ahuellamiento de la carpeta asfáltica del tramo: La Oroya – Jauja.			Ensayo de Rueda de Hamburgo	Norma AASHTO-324
					Registro de Temperatura	Ficha de registro de temperatura y compactación
					Control de Compactación	

Fuente: Elaboración Propia

**ANEXO A**  
**FORMATO DE EVALUACIÓN INICIAL DEL PAVIMENTO EXISTENTE**



PROYECTO: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO					TIPOS DE FALLAS										N° DE ENSAYO: EPAV-001				
N°	FECHA	PROGRESIVA		LOG. (m)	ANCHO (m)	ALTURA (cm)			TIPO DE FALLA	DESCRIPCIÓN DE FALLA	LEVE	MODERADO	GRAVE	TRATAMIENTO	OBSERVACIÓN				
		INICIO (KM)	FIN (KM)			Izq.	Der.	Altura > mm											
TRAMO: La Oroya - Jauja					1 HUNDIMIENTO DE MEDIA LUNA. Hundimiento en los bordes de la plataforma (falta de estabilidad del talud inferior)					6 AGRIETAMIENTOS POR FATIGA			(9). AGRIETAMIENTOS POR BAJA TEMPERATURA			(9). PIEL DE COCODRILO		TÉCNICO: G.Q.M.	
CARRIL: IZQUIERDO					2 DEPRESIONES. Hundimiento de la superficie del pavimento en un área puntual					BAJO MEDIO ALTO			BAJO MEDIO ALTO			Serie de fisuras interconectadas formando pequeños polígonos irregulares de ángulos agudos de diferentes dimensiones		ING° RESP. M.L.L.	
PROGRESIVA: KM 45+800 -46+000 Carril izquierdo					4 EXUDACIÓN. Afloramiento del material bituminoso en la superficie del pavimento					7 FISURA LONGITUDINALES. Fracturación del pavimento paralelo al eje de la vía			(10). PELADURAS. Desintegración superficial de la carpeta asfáltica que se manifiesta por pérdida del ligante bituminoso desprendimiento del agregado			FECHA DE ENTREGA: 27/09/2018			
					5 ABULTAMIENTO. Falla del material formando cordones irregulares del perfil y serpenteo de la demarcación					8 FISURA DE BLOQUE. Fisuras interconectadas que dividen el pavimento en piezas rectangulares									

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.E.

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP 19055

## **ANEXO B**

### **ENSAYOS GRANULOMÉTRICOS**

**(AGREGADO GRUESO, FINO Y FILLER)**

**ANEXO B**

**GRANULOMETRÍA**

**AGREGADO GRUESO**

**(Grava chancada para asfalto**

**Cantera carapongo)**



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88						
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IRSÁ CENTRO				<b>Nº ENSAYO</b> : 001		
<b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA				<b>TÉCNICO</b> : G.O.M.		
<b>MATERIAL</b> : Grava < 3/4"				<b>INGº RESP.</b> : M.L.L.		
<b>MUESTRA</b> : M-1				<b>HECHO POR</b> : G.O.M.		
<b>CANTERA</b> : Carapongo				<b>FECHA</b> : 15/09/2018		
<b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carretera IRSÁ CENTRO - Tramo La Oroya - Huancayo)						
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Qº PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76,200					PESO TOTAL = 5.249,1 gr
2 1/2"	63,500					
2"	50,800					
1 1/2"	38,100					
1"	25,400					
3/4"	19,050	0,0	0,0	0,0	100,0	
1/2"	12,700	1.828,7	34,9	34,9	65,1	
3/8"	9,525	1.478,6	28,2	63,0	37,0	
1/4"	6,300					
# 4	4,750	1.839,7	35,1	98,1	1,9	
# 8	2,360	89,8	1,7	99,8	0,2	
# 10	2,000	4,5	0,1	99,9	0,1	
FONDO		6,9	0,1	100,0	0,0	
						<b>% HUMEDAD</b>
						P.S.H. 5322,9
						P.S.S. 5249,1
						% Humedad 1,4
<b>OBSERVACIONES:</b> Muestra de acopio de planta de asfalto.						
<b>TOTAL</b>		5.249,1				

CURVA GRANULOMÉTRICA	
	<p>2 1/2" 2" 1 1/2" 1" 3/4" 1/2" 3/8" 1/4" Nº 4 Nº 8 Nº 10 Nº 16 Nº 30 Nº 50 Nº 100 Nº 200</p>

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A C

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 19955

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Peru

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS - PAVIMENTACIÓN - TRITURACIÓN DE AGREGADOS - TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88						
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IRSA CENTRO <b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAJUA <b>MATERIAL</b> : Grava < 3/4" <b>MUESTRA</b> : M-2 <b>CANTERA</b> : Carapongo <b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carretera IRSa CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)					<b>N° ENSAYO</b> : 002 <b>TÉCNICO</b> : G.G.M. <b>ING° RESP.</b> : M.L.L. <b>HECHO POR</b> : G.G.M. <b>FECHA</b> : 15/09/2018	
TAMIZ	ABERT. mm	PESEO RET.	% RET. PARC.	% RET. AC.	% Q° PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76,200					PESO TOTAL = 17.444,0 gr
2 1/2"	63,500					
2"	50,800					
1 1/2"	38,100					
1"	25,400					
3/4"	19,050	0,0	0,0	0,0	100,0	
1/2"	12,700	6.098,0	35,0	35,0	65,0	
3/8"	9,525	4.882,0	28,0	63,0	37,1	
1/4"	6,300					
# 4	4,760	6.121,0	35,1	98,0	2,0	
# 8	2,380	313,0	1,8	99,8	0,2	
# 10	2,000	14,0	0,1	99,9	0,1	
	FONDO	16,0	0,1	100,0	0,0	
						% HUMEDAD    P.S.H.    P.S.S.    % Humedad 17594,0    17444,0    %    0,9
<b>OBSERVACIONES:</b>						
Muestra de acopio de planta de asfalto.						
TOTAL		17.444,0				

CURVA GRANULOMÉTRICA	
2 1/2" 2" 1 1/2" 1" 3/4" 1/2" 3/8" 1/4" #4 #8 #10 #16 #20 #30 #50 #100 #200 63.500 50.800 38.100 25.400 19.050 12.700 9.525 6.300 4.750 2.360 2.000 1.180 0.850 0.300 0.150 0.075 Abertura (mm)	100 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0 Porcentaje que pasa (%)

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

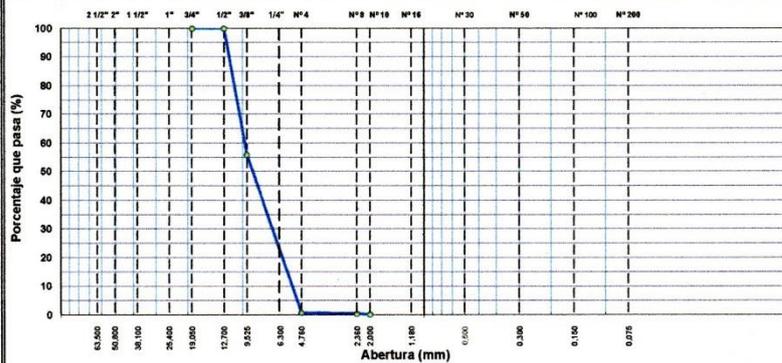
Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88						
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO				<b>N° ENSAYO</b> : 001		
<b>TRAMO</b> : LA OROYA - JALUJA				<b>TÉCNICO</b> : G.Q.M.		
<b>MATERIAL</b> : Gravelita < 1/2"				<b>ING° RESP.</b> : M.L.L.		
<b>MUESTRA</b> : M-1				<b>HECHO POR</b> : G.Q.M.		
<b>CANTERA</b> : Carapongo				<b>FECHA</b> : 15/09/2018		
<b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)						
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76,200					PESO TOTAL = 4.784,2 gr
2 1/2"	63,500					
2"	50,800					
1 1/2"	38,100					
1"	25,400					
3/4"	19,050	0,0	0,0	0,0	100,0	
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0	
3/8"	9,525	2.108,5	44,1	44,1	55,9	
1/4"	6,300					
# 4	4,760	2.834,2	55,1	99,1	0,9	
# 8	2,360	19,2	0,4	99,5	0,5	
# 10	2,000	8,0	0,2	99,7	0,3	
FONDO		13,3	0,3	100,0	0,0	
						% HUMEDAD
						P.S.H. 4802,5
						P.S.S. 4784,2
						% Humedad 0,4
<b>OBSERVACIONES:</b> Muestra de acopio de planta de asfalto.						
<b>TOTAL</b>		4.784,2				

CURVA GRANULOMÉTRICA



*Godo Quispe Monroy*  
**GODO QUISPE MONROY**  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
DELHEAL S.A.C.

*Manuel López Laberian*  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP N° 19955



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88						
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IRSRA CENTRO				<b>N° ENSAYO</b> : 002		
<b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA				<b>TÉCNICO</b> : G.Q.M.		
<b>MATERIAL</b> : Gravela < 1/2"				<b>ING° RESP.</b> : M.L.L.		
<b>MUESTRA</b> : M-2				<b>HECHO POR</b> : G.Q.M.		
<b>CANTERA</b> : Carapongo				<b>FECHA</b> : 15/08/2018		
<b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carretera IRSRA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)						
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	% RET. PARC.	% RET. AC.	% Q° PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
3"	76,200					PESO TOTAL = 5.934,4 gr
2 1/2"	63,500					
2"	50,800					
1 1/2"	38,100					
1"	25,400					
3/4"	19,050	0,0	0,0	0,0	100,0	
1/2"	12,700	0,0	0,0	0,0	100,0	
3/8"	9,525	2.711,6	45,7	45,7	54,3	
1/4"	6,300					
# 4	4,750	3.189,2	53,7	99,4	0,6	
# 8	2,360	21,9	0,4	99,8	0,2	
# 10	2,000	4,0	0,1	99,9	0,1	
	FONDO	7,8	0,1	100,0	0,0	
						<b>% HUMEDAD</b>
						P.S.H. 5997,2
						P.S.S. 5934,4
						% Humedad 0,9
<b>OBSERVACIONES:</b> Muestra de acopio de planta de asfalto.						
<b>TOTAL</b>		5.934,4				

CURVA GRANULOMÉTRICA	
	<p>2 1/2" 2" 1 1/2" 1" 3/4" 1/2" 3/8" 1/4" N° 4 N° 8 N° 10 N° 16 N° 30 N° 50 N° 100 N° 200</p>

*Godo Quispe Monroy*  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

*Manuel Lopez Laberian*  
**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19055

**ANEXO B**

**GRANULOMETRÍA**

**AGREGADO FINO**

**(Arena chancada para asfalto**

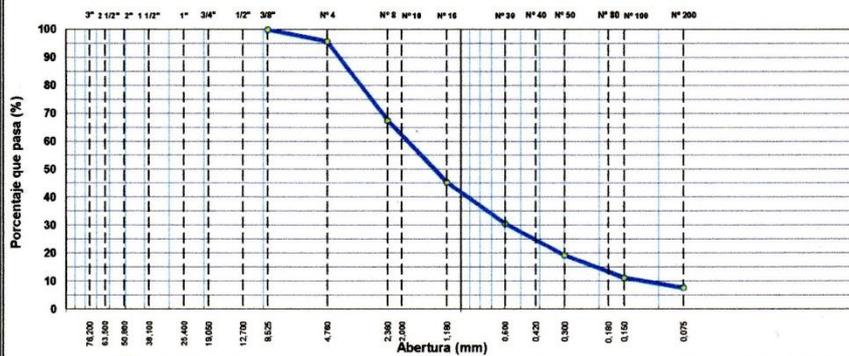
**Cantera carapongo y Excalibur)**



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88							
<b>OBRA :</b> REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO <b>TRAMO :</b> LA OROYA - JAUJA <b>MATERIAL :</b> Arena Chancada para asfalto < 1/4" <b>MUESTRA :</b> M-1 <b>CANTERA :</b> Carapongo <b>UBICACIÓN :</b> Acopto km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)						<b>N° ENSAYO :</b> 001 <b>TÉCNICO :</b> G.Q.M. <b>ING° RESP. :</b> M.L.L. <b>HECHO POR :</b> G.Q.M. <b>FECHA :</b> 15/09/2018	
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
7"	177,800						PESO TOTAL = 799,2 gr
6"	152,400						PESO LAVADO = 737,1 gr
5"	127,000						PESO FINO = 764,9 gr
4"	101,600						% HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad
3"	76,200						808,1 799,2 1,1%
2 1/2"	63,500						Ensayo Malla #200 P.S.Seco. P.S.Lavado 200%
2"	50,800						799,2 737,1 7,8
1 1/2"	38,100						% Grava = 4,3 %
1"	25,400						% Arena = 88,0 %
3/4"	19,050						% Fino = 7,8 %
1/2"	12,700						MÓDULO DE FINURA = 3,30 %
3/8"	9,525				100,0		
# 4	4,750	34,3	4,3	4,3	95,7		
# 8	2,360	224,7	28,1	32,4	67,6		
# 10	2,000						
# 16	1,180	177,3	22,2	54,6	45,4		
# 30	0,800	118,1	14,8	69,4	30,6		
# 40	0,420						
# 50	0,300	90,3	11,3	80,7	19,3		OBSERVACIONES:
# 80	0,180						Muestra de acopio de planta de asfalto.
# 100	0,150	64,3	8,0	88,7	11,3		
# 200	0,075	28,1	3,5	92,3	7,8		
< # 200	FONDO	62,1	7,8	100,0	0,0		
FINO		764,9					
TOTAL		799,2					

CURVA GRANULOMÉTRICA



*[Signature]*  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

*[Signature]*  
**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 10955

Calle Las Higuieras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com

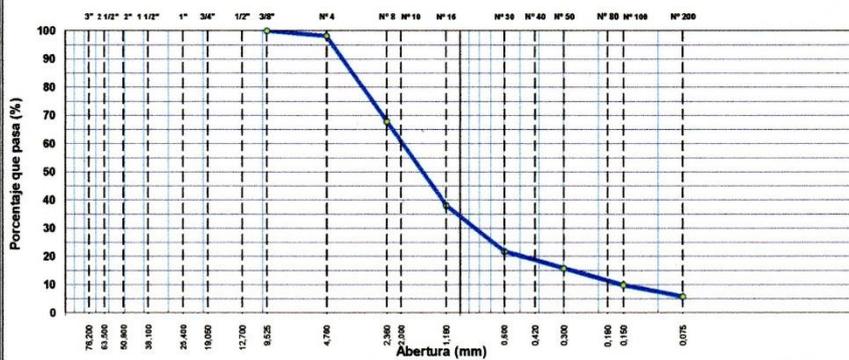


MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88							
<b>OBRA :</b> REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO <b>TRAMO :</b> LA OROYA - JAJUA <b>MATERIAL :</b> Arena Chancada para asfalto < 1/4" <b>MUESTRA :</b> M-2 <b>CANTERA :</b> Carapongo <b>UBICACIÓN :</b> Acopio km 19+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)						<b>N° ENSAYO :</b> 002 <b>TÉCNICO :</b> G.Q.M. <b>ING° RESP. :</b> M.L.L. <b>HECHO POR :</b> G.Q.M. <b>FECHA :</b> 15/09/2018	
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
7"	177,800						PESO TOTAL = 925,2 gr
6"	152,400						PESO LAVADO = 870,6 gr
5"	127,000						PESO FINO = 909,1 gr
4"	101,600						% HUMEDAD P.S.H. P.S.S % Humedad
3"	76,200						938,8 925,2 1,5%
2 1/2"	63,500						Ensayo Malla #200 P.S.Seco. P.S.Lavado 200%
2"	50,800						925,2 870,6 5,9
1 1/2"	38,100						% Grava = 1,7 %
1"	25,400						% Arena = 92,4 %
3/4"	19,050						% Fino = 5,9 %
1/2"	12,700						MÓDULO DE FINURA = 3,48 %
3/8"	9,525				100,0		
# 4	4,760	16,1	1,7	1,7	98,3		
# 8	2,360	279,7	30,2	32,0	68,0		
# 10	2,000						
# 16	1,180	276,6	29,9	61,9	38,1		
# 30	0,600	150,3	16,2	78,1	21,9		
# 40	0,420						
# 50	0,300	56,0	6,1	84,2	15,8		
# 80	0,180						
# 100	0,150	54,2	5,9	90,0	10,0		
# 200	0,075	37,7	4,1	94,1	5,9		
< # 200	FONDO	54,6	5,9	100,0	0,0		
FINO		909,1					
TOTAL		925,2					

OBSERVACIONES:  
Muestra de acopio de planta de asfalto.

CURVA GRANULOMÉTRICA



*Godo Quispe Monroy*  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A S

*Manuel Lopez Laberian*  
**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING SUELOS Y PAVIM N°01  
 CIP N° 10915

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Peru

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

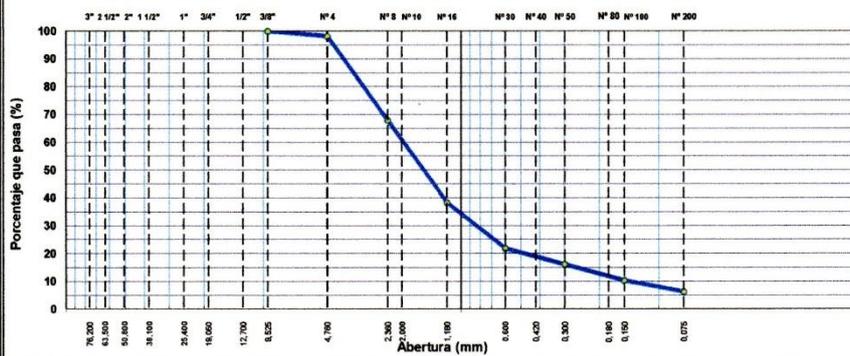
ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88							
<b>OBRA :</b> REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRTERA CENTRAL IIRSA CENTRO <b>TRAMO :</b> LA OROYA - JAUJA <b>MATERIAL :</b> Arena Chancada para asfalto < 14" <b>MUESTRA :</b> M-3 <b>CANTERA :</b> Carapongo <b>UBICACIÓN :</b> Acopio km 18+700 LD (Carrera IIRSA CENTRO - Tramo La Oroya - Huancayo)						<b>N° ENSAYO :</b> 003 <b>TÉCNICO :</b> G.Q.M. <b>ING° RESP. :</b> M.L.L. <b>HECHO POR :</b> G.Q.M. <b>FECHA :</b> 17/09/2018	
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
7"	177,800						PESO TOTAL = 911,7 gr
6"	152,400						PESO LAVADO = 853,5 gr
5"	127,000						PESO FINO = 895,9 gr
4"	101,600						% HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad
3"	76,200						922,2 911,7 1,2%
2 1/2"	63,500						Ensayo Malla #200 P.S.Seco. P.S.Lavado 200%
2"	50,800						911,7 853,5 6,4
1 1/2"	38,100						% Grava = 1,7 %
1"	25,400						% Arena = 91,9 %
3/4"	19,050						% Fino = 6,4 %
1/2"	12,700						MÓDULO DE FINURA = 3,47 %
3/8"	9,525				100,0		
# 4	4,760	15,8	1,7	1,7	98,3		
# 8	2,360	275,8	30,3	32,0	68,0		
# 10	2,000						
# 16	1,180	259,9	29,6	61,6	38,4		
# 30	0,600	149,8	16,4	78,0	22,0		
# 40	0,420						
# 50	0,300	51,8	5,7	83,7	16,3		
# 80	0,180						
# 100	0,150	53,8	5,9	89,6	10,4		
# 200	0,075	36,8	4,0	93,6	6,4		
< # 200	FONDO	58,2	6,4	100,0	0,0		
FINO		895,9					
TOTAL		911,7					

CURVA GRANULOMÉTRICA



**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Tel: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

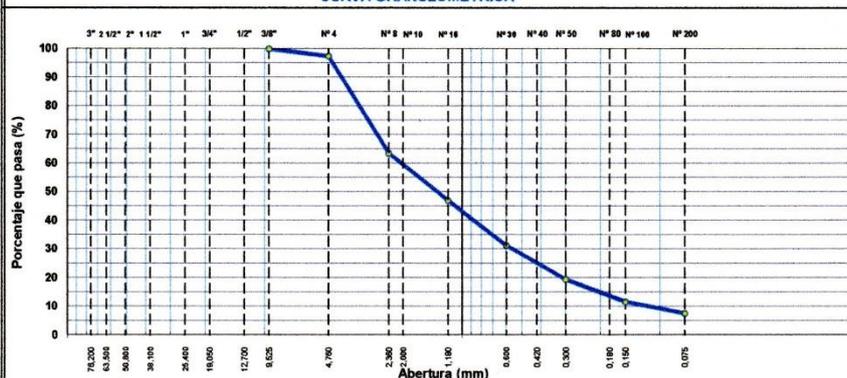
ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88							
OBRA : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRTERA CENTRAL IIRSA CENTRO						N° ENSAYO : 004	
TRAMO : CONSTRUCTORA COLPATRIA SUCURSAL PERÚ						TÉCNICO : G.Q.M.	
MATERIAL : Arena Chancada para asfalto < 1/4"						ING° RESP. : M.L.L.	
MUESTRA : M-4						HECHO POR : G.Q.M.	
CANTERA : Carapongo						FECHA : 17/09/2018	
UBICACIÓN : Acopio km 18+700 LD (Carrera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)							
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
7"	177,800						PESO TOTAL = 838,1 gr
6"	152,400						PESO LAVADO = 774,5 gr
5"	127,000						PESO FINO = 816,3 gr
4"	101,600						% HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad
3"	76,200						848,5 838,1 1,0%
2 1/2"	63,500						Ensayo Malla #200 P.S. Seco. P.S. Lavado 200%
2"	50,800						838,1 774,5 7,6
1 1/2"	38,100						% Grava = 2,6 %
1"	25,400						% Arena = 89,8 %
3/4"	19,050						% Fino = 7,6 %
1/2"	12,700						MÓDULO DE FINURA = 3,30 %
3/8"	9,525				100,0		
# 4	4,760	21,8	2,6	2,6	97,4		
# 8	2,360	294,6	34,0	36,6	63,4		
# 10	2,000						
# 16	1,180	138,2	16,5	53,1	47,0		
# 30	0,600	132,1	15,6	68,8	31,2		
# 40	0,420						
# 50	0,300	98,1	11,7	80,5	19,5		OBSERVACIONES:
# 80	0,180						Muestra de acopio de planta de asfalto.
# 100	0,150	65,8	7,8	88,4	11,7		
# 200	0,075	34,1	4,1	92,4	7,6		
< # 200	FONDO	63,6	7,6	100,0	0,0		
FINO		816,3					
TOTAL		838,1					

CURVA GRANULOMÉTRICA



*[Signature]*  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

*[Signature]*  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19915

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

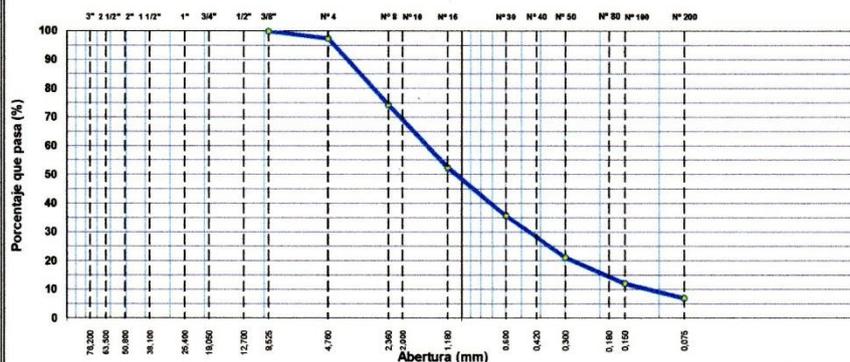
[ialor@delheal.com](mailto:ialor@delheal.com)  
[construcciones delheal sac](https://www.facebook.com/construccionesdelhealsac)  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88							
<b>OBRA :</b> REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRTERA CENTRAL IIRSA CENTRO						<b>N° ENSAYO :</b> 005	
<b>TRAMO :</b> LA OROYA - JAUJA						<b>TÉCNICO :</b> G.Q.M.	
<b>MATERIAL :</b> Arena Chancada para asfalto < 1/4"						<b>ING° RESP. :</b> M.L.L.	
<b>MUESTRA :</b> M-5						<b>HECHO POR :</b> G.Q.M.	
<b>CANTERA :</b> Carapongo						<b>FECHA :</b> 18/09/2018	
<b>UBICACIÓN :</b> Acopio km 18+700 LD (Carrera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)							
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PABA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
7"	177,800						PESO TOTAL = 929,8 gr
6"	152,400						PESO LAVADO = 864,7 gr
5"	127,000						PESO FINO = 906,1 gr
4"	101,600						% HUMEDAD P.S.H. P.S.S % Humedad
3"	76,200						941,2 929,8 1,2%
2 1/2"	63,500						Ensayo Malla #200 P.S Seco P.S Lavado 200%
2"	50,800						929,8 864,7 7,0
1 1/2"	38,100						% Grava = 2,6 %
1"	25,400						% Arena = 90,5 %
3/4"	19,050						% Fino = 7,0 %
1/2"	12,700						MÓDULO DE FINURA = 3,07 %
3/8"	9,525				100,0		
# 4	4,760	23,7	2,6	2,6	97,5		
# 8	2,380	215,2	23,1	25,7	74,3		
# 10	2,000						
# 16	1,180	203,4	21,9	47,6	52,4		
# 30	0,600	155,4	16,7	64,3	35,7		
# 40	0,420						
# 50	0,300	135,1	14,5	78,8	21,2		
# 80	0,180						
# 100	0,150	84,2	9,1	87,9	12,1		
# 200	0,075	47,7	5,1	93,0	7,0		
< # 200	FONDO	85,1	7,0	100,0	0,0		
FINO		906,1					
TOTAL		929,8					

CURVA GRANULOMÉTRICA



**GODO/QUISPE MONROY**  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
DELHEAL S.A.S.

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP N° 19955

Caile Las Higueras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Tel: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
construcciones delheal sac  
www.construccionesdelheal.com

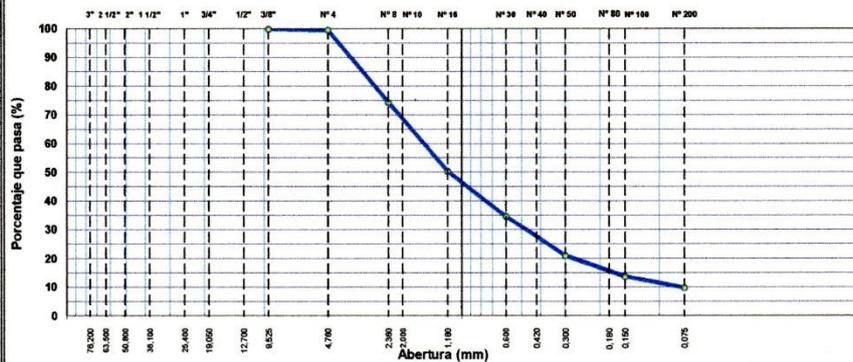


MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88							
<b>OBRA :</b> REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRTERA CENTRAL IIRSA CENTRO <b>TRAMO :</b> LA OROYA - JAUJA <b>MATERIAL :</b> Arena Chancada para asfalto < 3/16" <b>MUESTRA :</b> M-1 <b>CANTERA :</b> Excelbur <b>UBICACIÓN :</b> Acopio km 18+700 LD (Carrtera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)						<b>N° ENSAYO :</b> 001 <b>TÉCNICO :</b> G.Q.M. <b>ING° RESP. :</b> M.L.L. <b>HECHO POR :</b> G.Q.M. <b>FECHA :</b> 15/09/2018	
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
7"	177,800						PESO TOTAL = 840,0 gr
6"	152,400						PESO LAVADO = 757,9 gr
5"	127,000						PESO FINO = 836,8 gr
4"	101,600						% HUMEDAD P.S.H. P.S.S % Humedad
3"	76,200						843,8 840,0 0,5%
2 1/2"	63,500						Ensayo Malla #200 P.S. Seco. P.S. Lavado 200%
2"	50,800						840,0 757,9 9,8
1 1/2"	38,100						% Grava = 0,4 %
1"	25,400						% Arena = 89,8 %
3/4"	19,050						% Fino = 9,8 %
1/2"	12,700						MÓDULO DE FINURA = 3,06 %
3/8"	9,525				100,0		
# 4	4,760	3,2	0,4	0,4	99,6		
# 8	2,360	212,1	25,3	25,6	74,4		
# 10	2,000	58,3	6,9	32,6	67,4		
# 16	1,180	143,0	17,0	49,6	50,4		
# 30	0,600	131,9	15,7	65,3	34,7		
# 40	0,420	51,9	6,2	71,5	28,5		
# 50	0,300	62,6	7,5	78,9	21,1		
# 80	0,180	42,8	5,1	84,0	16,0		
# 100	0,150	19,0	2,3	86,3	13,7		
# 200	0,075	33,1	3,9	90,2	9,8		
< # 200	FONDO	82,1	9,8	100,0	0,0		
FINO		836,8					
TOTAL		840,0					

OBSERVACIONES:  
Muestra de acopio de planta de asfalto.

CURVA GRANULOMÉTRICA



**GODO QUISPE MONROY**  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
DELHEAL S.A.C.

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP N° 19955



Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Perú



Tel: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680



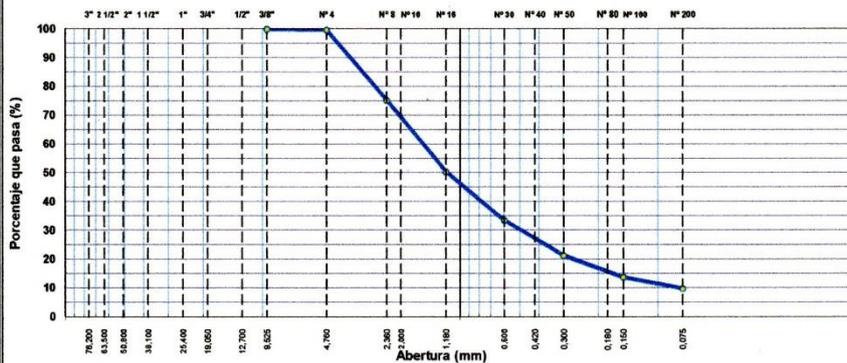
ialor@delheal.com  
construcciones delheal sac  
www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88							
<b>OBRA :</b> REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRTERA CENTRAL IIRSA CENTRO <b>CLIENTE :</b> CONSTRUCTORA COLPATRIA SUCURSAL PERÚ <b>MATERIAL :</b> Arena Chancada para asfalto < 3/16" <b>MUESTRA :</b> M-2 <b>CANTERA :</b> Excalibur <b>UBICACIÓN :</b> Acopio km 18+700 LD (Carrera IIRSA CENTRO - Tramo La Croya - Huancayo)					<b>N° ENSAYO :</b> 002 <b>TÉCNICO :</b> G.Q.M <b>ING° RESP. :</b> M.L.L <b>HECHO POR :</b> G.Q.M <b>FECHA :</b> 15/09/2018		
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
7"	177,800						PESO TOTAL = 812,5 gr
6"	152,400						PESO LAVADO = 732,9 gr
5"	127,000						PESO FINO = 810,1 gr
4"	101,600						% HUMEDAD P.S.H. P.S.S % Humedad
3"	76,200						817,0 812,5 0,6%
2 1/2"	63,500						Ensayo Malla #200 P.S.Seco. P.S.Lavado 200%
2"	50,800						812,5 732,9 9,8
1 1/2"	38,100						% Grava = 0,3 %
1"	25,400						% Arena = 89,9 %
3/4"	19,050						% Fino = 9,8 %
1/2"	12,700						MÓDULO DE FINURA = 3,06 %
3/8"	9,525				100,0		
# 4	4,760	2,4	0,3	0,3	99,7		
# 8	2,380	198,8	24,5	24,8	75,2		
# 10	2,000	39,9	4,9	29,7	70,3		
# 16	1,180	162,1	19,9	49,6	50,4		
# 30	0,600	136,5	16,8	66,4	33,6		
# 40	0,420	47,7	5,9	72,3	27,7		
# 50	0,300	51,9	6,4	78,7	21,3		OBSERVACIONES:
# 80	0,180	42,5	5,2	83,9	16,1		Muestra de acopio de planta de asfalto.
# 100	0,150	19,6	2,3	86,2	13,8		
# 200	0,075	32,5	4,0	90,2	9,8		
< # 200	FONDO	79,6	9,8	100,0	0,0		
FINO		810,1					
TOTAL		812,5					

CURVA GRANULOMÉTRICA



**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A C

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19655

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Tel: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

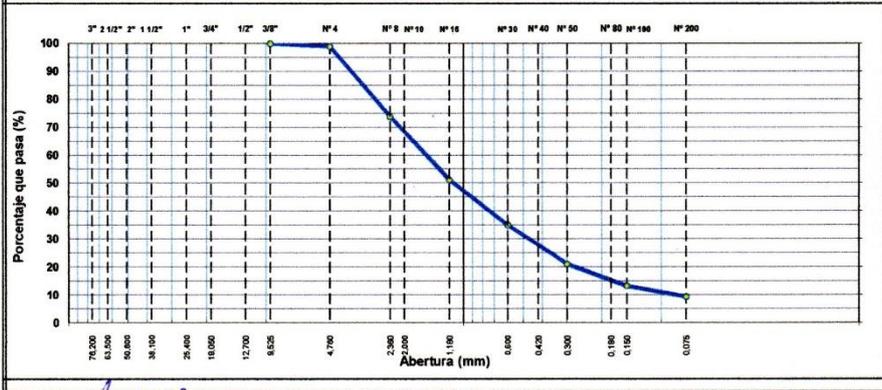
### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRTERA CENTRAL IIRSA CENTRO						<b>N° ENSAYO</b> : 003	
<b>CLIENTE</b> : CONSTRUCTORA COLPATRIA SUCURSAL PERÚ						<b>TÉCNICO</b> : G.Q.M	
<b>MATERIAL</b> : Arena Chancada para asfalto < 3/16"						<b>ING° RESP.</b> : M.L.L	
<b>MUESTRA</b> : M-3						<b>HECHO POR</b> : G.Q.M	
<b>CANTERA</b> : Excalibur						<b>FECHA</b> : 17/09/2018	
<b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carrera IIRSA CENTRO - Tramo La Croya - Huancayo)							
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
7"	177,800					PESO TOTAL = 811,4 gr	
6"	152,400					PESO LAVADO = 734,4 gr	
5"	127,000					PESO FINO = 803,4 gr	
4"	101,600					% HUMEDAD	P.S.H. P.S.S. % Humedad
3"	76,200					813,9	811,4 0,3%
2 1/2"	63,500					Ensayo Malla #200 P.S. Seco	P.S. Lavado 200%
2"	50,800					811,4	734,4 9,5
1 1/2"	38,100					% Grava =	1,0 %
1"	25,400					% Arena =	89,5 %
3/4"	19,050					% Fino =	9,5 %
1/2"	12,700					MÓDULO DE FINURA =	3,06 %
3/8"	9,525				100,0		
# 4	4,760	8,0	1,0	1,0	99,0		
# 8	2,360	203,9	25,1	26,1	73,9		
# 10	2,000	41,1	5,1	31,2	68,8		
# 16	1,180	142,6	17,6	48,8	51,2		
# 30	0,600	130,8	16,1	64,9	35,1		
# 40	0,420	52,5	6,5	71,4	28,7		
# 50	0,300	61,3	7,6	78,9	21,1		
# 80	0,180	50,6	6,2	85,1	14,9		
# 100	0,150	11,8	1,5	86,6	13,4		
# 200	0,075	31,7	3,9	90,5	9,5		
< # 200	FONDO	77,0	9,5	100,0	0,0		
FINO		803,4					
TOTAL		811,4					

#### CURVA GRANULOMÉTRICA



**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 19955

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

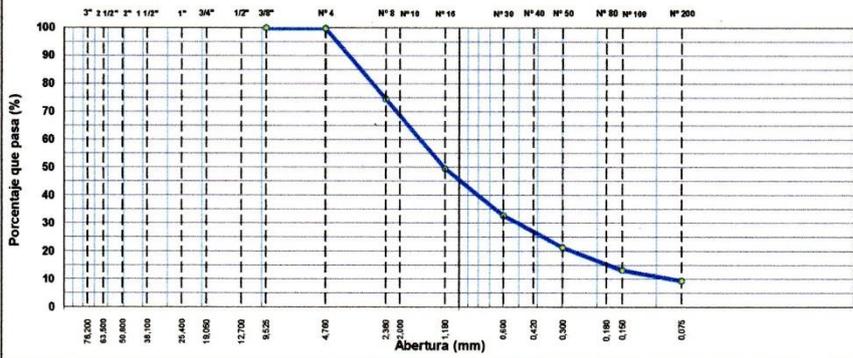
ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88						
OBRA : REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO					N° ENSAYO : 004	
TRAMO : LA OROYA - JAUJA					TÉCNICO : G.Q.M.	
MATERIAL : Arena Chancada para asfalto < 3/16"					ING° RESP. : M.L.L.	
MUESTRA : M-4					HECHO POR : G.Q.M.	
CANTERA : Excalibur					FECHA : 17/09/2018	
UBICACIÓN : Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)						
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
7"	177,800					PESO TOTAL = 790,4 gr
6"	152,400					PESO LAVADO = 715,7 gr
5"	127,000					PESO FINO = 788,8 gr
4"	101,600					% HUMEDAD P.S.H. P.S.S. % Humedad
3"	76,200					801,3 790,4 1,4%
2 1/2"	63,500					Ensayo Malla #200 P.S.Seco. P.S.Lavado 200%
2"	50,800					790,4 715,7 9,5
1 1/2"	38,100					% Grava = 0,2 %
1"	25,400					% Arena = 90,4 %
3/4"	19,050					% Fino = 9,5 %
1/2"	12,700					MÓDULO DE FINURA = 3,08 %
3/8"	9,525				100,0	
# 4	4,760	1,6	0,2	0,2	99,8	
# 8	2,380	199,8	25,3	25,5	74,5	
# 10	2,000	49,5	6,3	31,7	68,3	
# 16	1,180	146,9	18,6	50,3	49,7	
# 30	0,600	132,8	16,8	67,1	32,9	
# 40	0,420	50,5	6,4	73,5	26,5	
# 50	0,300	39,3	5,0	78,5	21,5	
# 80	0,180	51,8	6,6	85,0	15,0	
# 100	0,150	12,3	1,6	86,6	13,4	
# 200	0,075	31,2	3,9	90,6	9,5	
< # 200	FONDO	74,7	9,5	100,0	0,0	
FINO		788,8				
TOTAL		790,4				

CURVA GRANULOMÉTRICA



**GODO GUISPE MONROY**  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
DELHEAL S.A.C.

**MANUEL LOPEZ LABRIAN**  
ING° SUELOS  
DELHEAL S.A.C.

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Peru

Telf: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
construcciones delheal sac  
www.construccionesdelheal.com

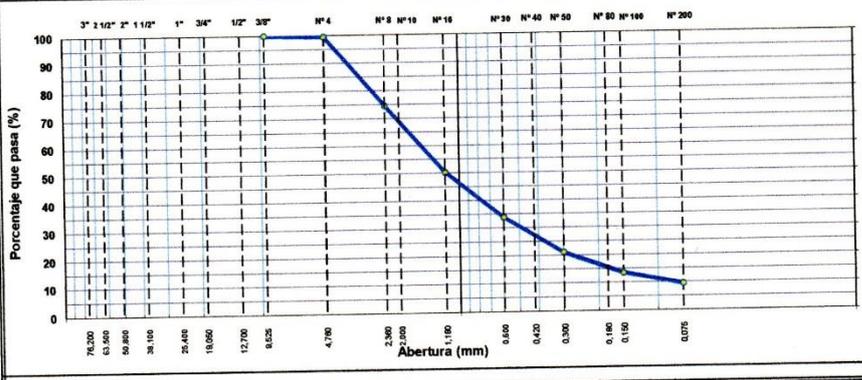


MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88							
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO					<b>N° ENSAYO</b> : 005		
<b>CLIENTE</b> : CONSTRUCTORA COLPATRIA SUCURSAL PERÚ					<b>TÉCNICO</b> : G.Q.M.		
<b>MATERIAL</b> : Arena Chancada para asfalto < 3/16"					<b>ING° RESP.</b> : M.L.L.		
<b>MUESTRA</b> : M-5					<b>HECHO POR</b> : G.Q.M.		
<b>CANTERA</b> : Excilbur					<b>FECHA</b> : 18/09/2018		
<b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)							
TAMIZ	ABERT. mm.	PEZO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q° PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
7"	177,800						PESO TOTAL = 830,4 gr
6"	152,400						PESO LAVADO = 750,5 gr
5"	127,000						PESO FINO = 826,1 gr
4"	101,600						% HUMEDAD P.S.H. 840,8 P.S.S. 830,4 % Humedad 1,3%
3"	76,200						Ensayo Malla #200 P.S.Seco. P.S.Lavado 200% 830,4 750,5 9,6
2 1/2"	63,500						
2"	50,800						
1 1/2"	38,100						% Grava = 0,5 %
1"	25,400						% Arena = 89,9 %
3/4"	19,050						% Fino = 9,6 %
1/2"	12,700						MÓDULO DE FINURA = 3,07 %
3/8"	9,525						
# 4	4,760	4,3	0,5	0,5	99,5		
# 8	2,380	207,5	25,0	25,5	74,5		
# 10	2,000	51,1	6,2	31,7	68,3		
# 15	1,180	149,2	18,0	49,6	50,4		
# 30	0,600	136,3	16,4	66,0	34,0		
# 40	0,420	52,7	6,3	72,4	27,6		
# 50	0,300	53,0	6,4	78,8	21,2		
# 80	0,180	52,7	6,3	85,1	14,9		
# 100	0,150	10,4	1,3	86,4	13,6		
# 200	0,075	33,3	4,0	90,4	9,6		
< # 200	FONDO	79,9	9,6	100,0	0,0		
FINO		826,1					
TOTAL		830,4					

OBSERVACIONES:  
Muestra de acopio de planta de asfalto.

CURVA GRANULOMÉTRICA



*[Signature]*  
**GODO QUISEP MONROY**  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
DELHEAL S.A.C.

*[Signature]*  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP N° 10955

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Tel: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialore@delheal.com  
construcciones delheal sac  
www.construccionesdelheal.com

**ANEXO B**

**GRANULOMETRÍA**

**FILLER – CAL HIDRATADA**



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

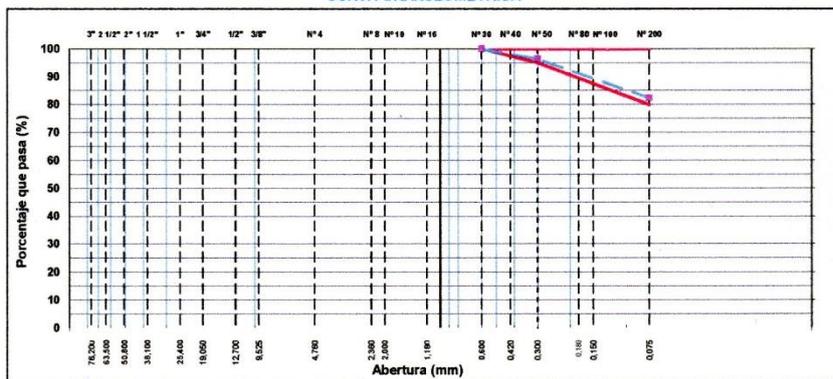
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88

<b>OBRA :</b> REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRTERA CENTRAL IIRSA CENTRO  <b>TRAMO :</b> LA OROYA - JALUJA <b>MATERIAL :</b> Cal hidratada <b>MUESTRA :</b> M-1 <b>CANTERA :</b> Industria minera calcarea <b>UBICACIÓN :</b> Acopio km. 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)	<b>N° ENSAYO :</b> 01 <b>TÉCNICO :</b> G.Q.M. <b>ING° RESP. :</b> M.L.L. <b>FECHA :</b> 15/09/2018
--	---

TAMIZ	ABERT. mm	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
5"	127,000						PESO TOTAL = 379,2 gr
4"	101,600						PESO LAVADO = 66,8 gr
3"	76,200						PESO FINO = 379,2 gr
2 1/2"	63,500						
2"	50,800						
1 1/2"	38,100						
1"	25,400						
3/4"	19,050						
1/2"	12,700						
3/8"	9,525						
# 4	4,760						
# 8	2,380						
# 10	2,000						
# 16	1,180						
# 30	0,600				100,0	100	
# 40	0,420						
# 50	0,300	13,6	3,6	3,6	96,4	95 - 100	OBSERVACIONES: Cal hidratada sin plasticidad (NP).
# 80	0,180						
# 100	0,150						
# 200	0,075	53,2	14,0	17,6	82,4	80-100	Peso Hum. (g)    Peso Seco (g)    % Humedad
< # 200	FONDO	312,4	82,4	100,0	0,0		382,2    379,2    0,79
FINO		379,2					
TOTAL		379,2					

CURVA GRANULOMÉTRICA



**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19855

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf.: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  

 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



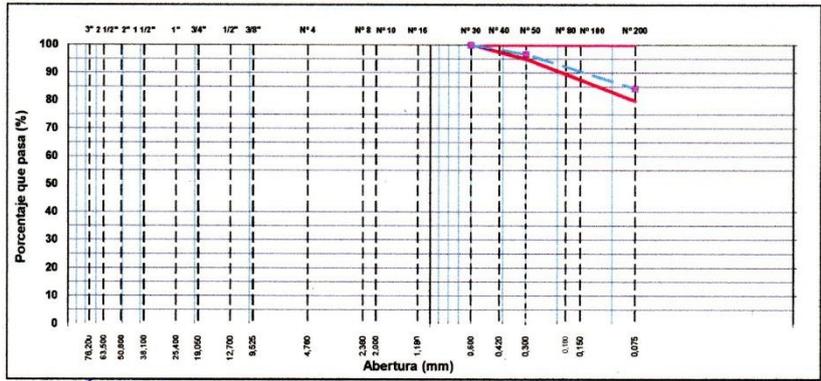
MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO						
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO						
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88						
<b>OBRA :</b>		REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRTERA CENTRAL IIRSA CENTRO				
<b>TRAMO :</b>		LA OROYA - JAUJA				
<b>MATERIAL :</b>		Cal hidratada				
<b>MUESTRA :</b>		M-2				
<b>CANTERA :</b>		Industria minera calcarea				
<b>UBICACIÓN :</b>		Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)				
<b>Nº ENSAYO :</b>		02				
<b>TÉCNICO :</b>		G.Q.M.				
<b>INGº RESP. :</b>		M.L.L.				
<b>FECHA :</b>		15/09/2018				

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
5"	127,000						PESO TOTAL = 429,2 gr
4"	101,600						PESO LAVADO = 67,0 gr
3"	76,200						PESO FINO = 429,2 gr
2 1/2"	63,500						
2"	50,800						
1 1/2"	38,100						
1"	25,400						
3/4"	19,050						
1/2"	12,700						
3/8"	9,525						
# 4	4,760						
# 6	2,360						
# 10	2,000						
# 16	1,180						
# 30	0,600				100,0	100	
# 40	0,420						
# 50	0,300	14,2	3,3	3,3	96,7	95 - 100	OBSERVACIONES: Cal hidratada sin plasticidad (NP).
# 80	0,180						
# 100	0,150						
# 200	0,075	52,8	12,3	15,6	84,4	80-100	
< # 200	FONDO	362,2	84,4	100,0	0,0		
FINO		429,2					
TOTAL		429,2					

CURVA GRANULOMETRICA



*[Signature]*  
**GODO QUISPE MONROY**  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
DELHEAL S.A.C.

*[Signature]*  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP Nº 19955

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680

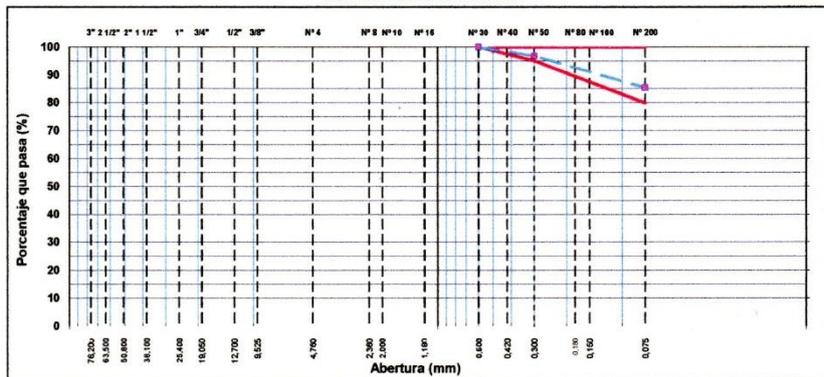
ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO													
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO													
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO													
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88													
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRTERA CENTRAL IIRSA CENTRO													
<b>CLIENTE</b> : LA OROYA - JALJA						<b>N° ENSAYO</b> : 03							
<b>MATERIAL</b> : Cal hidratada						<b>TÉCNICO</b> : G.Q.M.							
<b>MUESTRA</b> : M-3						<b>ING° RESP.</b> : M.L.L.							
<b>CANTERA</b> : Industria minera calcarea						<b>FECHA</b> : 17/09/2018							
<b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 16+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)													
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA						
5"	127,000						PESO TOTAL = 490,2 gr						
4"	101,600						PESO LAVADO = 71,5 gr						
3"	76,200						PESO FINO = 490,2 gr						
2 1/2"	63,500												
2"	50,800												
1 1/2"	38,100												
1"	25,400												
3/4"	19,050												
1/2"	12,700												
3/8"	9,525												
# 4	4,760												
# 8	2,380												
# 10	2,000												
# 16	1,180												
# 30	0,600				100,0	100							
# 40	0,420												
# 50	0,300	15,2	3,1	3,1	96,9	95 - 100	<b>OBSERVACIONES:</b> Cal hidratada sin plasticidad (NP).						
# 80	0,180												
# 100	0,150												
# 200	0,075	56,3	11,5	14,6	85,4	80-100							
< # 200	FONDO	418,7	85,4	100,0	0,0								
FINO		490,2					<table border="1" style="font-size: small;"> <tr> <td>Peso Hum. (g)</td> <td>Peso Seco (g)</td> <td>% Humedad</td> </tr> <tr> <td>495,5</td> <td>490,2</td> <td>1,08</td> </tr> </table>	Peso Hum. (g)	Peso Seco (g)	% Humedad	495,5	490,2	1,08
Peso Hum. (g)	Peso Seco (g)	% Humedad											
495,5	490,2	1,08											
TOTAL		490,2											

CURVA GRANULOMETRICA



*G.M.*  
**GODO QUISPE MONROY**  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
DELHEAL S.A.C.

*M.L.L.*  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP N° 19955

Calle Las Higuieras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Peru

Telf: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680

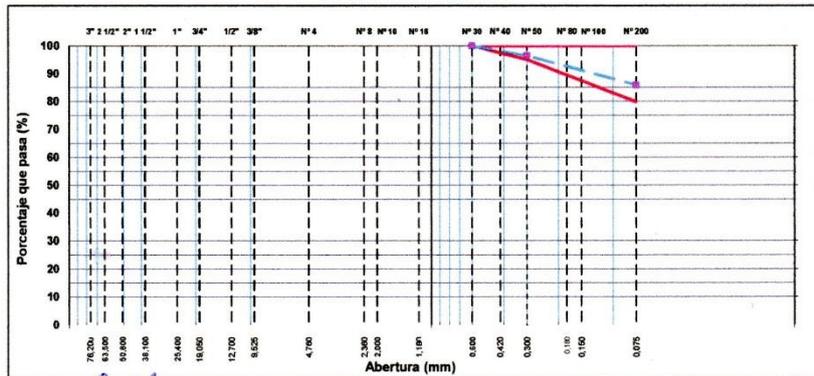
ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO									
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO									
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO									
MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-38									
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRTERA CENTRAL IIRSA CENTRO									
<b>CLIENTE</b> : LA OROYA - JAUJA					<b>N° ENSAYO</b> : 04				
<b>MATERIAL</b> : Cal hidratada					<b>TÉCNICO</b> : G.Q.M.				
<b>MUESTRA</b> : M-4					<b>ING° RESP.</b> : M.L.L.				
<b>CANTERA</b> : Industria minera calcarea					<b>FECHA</b> : 17/09/2018				
<b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)									
TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
5"	127,000						PESO TOTAL	=	512,7 gr
4"	101,600						PESO LAVADO	=	72,0 gr
3"	76,200						PESO FINO	=	512,7 gr
2 1/2"	63,500								
2"	50,800								
1 1/2"	38,100								
1"	25,400								
3/4"	19,050								
1/2"	12,700								
3/8"	9,525								
# 4	4,760								
# 8	2,360								
# 10	2,000								
# 16	1,180								
# 30	0,600				100,0	100			
# 40	0,420								
# 50	0,300	17,5	3,4	3,4	96,6	95 - 100	<b>OBSERVACIONES:</b>		
# 80	0,180						Cal hidratada sin plasticidad (NP).		
# 100	0,150								
# 200	0,075	54,5	10,6	14,0	86,0	80-100	Peso Hum. (g)	Peso Seco (g)	% Humedad
< # 200	FONDO	440,7	86,0	100,0	0,0		516,2	512,7	0,68
FINO		512,7							
TOTAL		512,7							

CURVA GRANULOMETRICA



**GODO QUISPE MONROY**  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
DELHEAL S.A.C.

**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP Nº 19911

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Tel: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
construcciones delheal sac  
www.construccionesdelheal.com

**ANEXO C**

**ENSAYOS DE CALIDAD DE LOS**

**AGREGADOS GRUESO Y FINO**

# **ANEXO C**

## **ENSAYOS DE CALIDAD DEL AGREGADO GRUESO**

**(GRAVA CHANCADA COMBINACIÓN DE AGREGADOS  
CANTERA CARAPONGO)**



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

ENSAYO DE ABRASIÓN ( MÁQUINA DE LOS ÁNGELES )				
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS				
MTC E 207 - ASTM C 535 - AASHTO T-96				
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO	<b>N° ENSAYO</b> : 001			
<b>TRAMO</b> : LA OROYA - JALUJA	<b>TÉCNICO</b> : G.Q.M.			
<b>MATERIAL</b> : Grava < 3/4" - 1/2" (Combinación de agregados pétreos)	<b>ING° RESP.</b> : M.L.L.			
<b>MUESTRA</b> : M-1	<b>HECHO POR</b> : G.Q.M.			
<b>CANTERA</b> : Carapongo	<b>FECHA</b> : 15/09/2018			
<b>UBICACIÓN</b> : Acopio km.18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)				
Tamiz Pasa - Retiene	Gradaciones			
	A	B	C	D
1 1/2" - 1"				
1" - 3/4"				
3/4" - 1/2"		2500,0		
1/2" - 3/8"		2500,0		
3/8" - 1/4"				
1/4" - N° 4				
N° 4 - N° 8				
Peso Total		5000,0		
(%) Retenido en la malla N° 12		3976,0		
(%) Que pasa en la malla N° 12		1024,0		
N° de esferas		11		
Peso de las esferas (gr)		4584 ± 25		
% Desgaste		20,5		
<b>OBSERVACIONES :</b>				

  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

  
**MANUEL LOPEZ LABERIA**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 79955


 Calle Las Higueiras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú


 Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680


 ialor@delheal.com  

 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

<b>PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS</b>						
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>						
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO <b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA <b>MATERIAL</b> : Grava < 3/4" - 1/2" (Combinación de agregados pétreos) <b>MUESTRA</b> : M-1 <b>CANTERA</b> : Carapongo <b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)	<b>N° ENSAYO</b> : 001 <b>TÉCNICO</b> : G.Q.M. <b>ING° RESP.</b> : M.L.L. <b>HECHO POR</b> : G.Q.M. <b>FECHA</b> : 15/09/2018					
<b>ASTM D 4791</b>						
TAMIZ	Peso por mallas (A) (gr)	Peso chatas y alargadas (B) (gr)	Porcentaje (C)=(B)/(A)*100 (%)	Gradación Original (D) (%)	Corrección (E)=(C)*(D) (%)	(E)/(D) (%)
2 1/2" - 2"						
1" - 3/4"	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3/4" - 1/2"	1743,0	85,0	4,9	34,9	170,0	
1/2" - 3/8"	1465,0	21,0	1,4	28,2	40,4	
<b>Peso Total (gr.)</b>	<b>3208</b>	<b>106,0</b>		<b>63,0</b>	<b>210,4</b>	<b>3,3</b>
Observaciones: La relación empleada para la determinación es: 1/3 (espesor/ longitud) _____ _____ _____						

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

**MANUEL LOPEZ LABLANCIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 10055

Calle Las Higuearas 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  

 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS							
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO <b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA <b>MATERIAL</b> : Grava < 3/4" - 1/2" (Combinación de agregados pétreos) <b>MUESTRA</b> : M-1 <b>CANTERA</b> : Carapongo <b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)						<b>N° ENSAYO</b> : 001 <b>TÉCNICO</b> : G.Q.M. <b>ING° RESP.</b> : M.L.L. <b>HECHO POR</b> : G.Q.M. <b>FECHA</b> : 15/09/2018	
MTC E 210 - ASTM D 5821							
CON UNA CARA FRACTURADA							
TAMAÑO DEL AGREGADO	PESO POR MALLAS	1 CARA FRACTURADA (B)	% POR MALLAS (C)	PORCENTAJE POR MALLAS (D)	(E) = (C)/(D)	(E)/(D)	
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(A) (gr)	= (B/A)*100 (%)	(%)	(%)	(%)	
1 1/2"	1"						
1"	3/4"	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3/4"	1/2"	1845,0	1760,0	95,4	34,9	3325,4	
1/2"	3/8"	1480,0	1398,0	94,5	28,2	2660,9	
<b>TOTAL</b>		<b>3325,0</b>	<b>1398,0</b>		<b>63,0</b>	<b>5986,3</b>	<b>95,0</b>
CON DOS O MÁS CARAS FRACTURADAS							
TAMAÑO DEL AGREGADO	PESO POR MALLAS	2 CARAS FRACTURADAS (B)	% POR MALLAS (C)	PORCENTAJE POR MALLAS (D)	(E) = (C)/(D)	(E)/(D)	
PASA TAMIZ	RETENIDO EN TAMIZ	(A) (gr)	= (B/A)*100 (%)	(%)	(%)	(%)	
1 1/2"	1"						
1"	3/4"	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	
3/4"	1/2"	1845,0	1607,0	87,1	34,9	3036,3	
1/2"	3/8"	1480,0	1218,0	82,3	28,2	2318,3	
<b>TOTAL</b>		<b>3325,0</b>	<b>2825,0</b>		<b>63,0</b>	<b>5354,6</b>	<b>85,0</b>
<b>OBSERVACIONES:</b> _____ _____ _____							

  
**GODO QUISEPÉ MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A C

  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955

 Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

 Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

 ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

### GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

(NORMA AASHTO T-84, T-85)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO	<b>N° ENSAYO</b> : 001
<b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA	<b>TÉCNICO</b> : G.Q.M.
<b>MATERIAL</b> : Grava < 3/4" - 1/2" (Combinación de agregados pétreos)	<b>ING° RESP.</b> : M.L.L.
<b>MUESTRA</b> : M-1	<b>HECHO POR</b> : G.Q.M.
<b>CANTERA</b> : Carapongo	<b>FECHA</b> : 15/09/2018
<b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)	

#### DATOS DE LA MUESTRA

#### AGREGADO GRUESO

A	Peso material saturado superficialmente seco (en aire) (gr)	1241,4	1245,2		
B	Peso material saturado superficialmente seco (en agua) (gr)	785,4	788,2		
C	Volumen de masa + volumen de vacíos = A-B (cm³)	456,0	457,0		
D	Peso material seco en estufa ( 105 °C)(gr)	1230,8	1233,9		
E	Volumen de masa = C- ( A - D ) (cm³)	445,4	445,7		PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = D/C	2,699	2,700		2,700 cm
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/C	2,722	2,725		2,724 cm
	Pe Aparente ( Base Seca ) = D/E	2,763	2,766		2,766 cm
	% de absorción = (( A - D ) / D * 100)	0,86	0,92		0,89 %

OBSERVACIONES:

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A C

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 19955

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO										
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS										
MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104										
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IRSA CENTRO <b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA <b>MATERIAL</b> : Grava < 3/4" - 1/2" (Combinación de agregados pétreos) <b>MUESTRA</b> : M-1 <b>CANTERA</b> : Carapongo <b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carretera IRSa CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)							<b>N° ENSAYO</b> : 001 <b>TÉCNICO</b> : G.Q.M. <b>ING° RESP.</b> : M.L.L. <b>HECHO POR</b> : G.Q.M. <b>FECHA</b> : 15/09/2018			
ANÁLISIS CUANTITATIVO										
AGREGADO GRUESO										
TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso requerido (g)	Peso fracción ensayada	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
2 1/2"	2"		3000±300							
2"	1 1/2"		2000±200							
1 1/2"	1"		1000±50							
1"	3/4"	0,0	500±30	0,0		0,0	0,0	0,00		
3/4"	1/2"	35,1	670±10	678,1		639,9	38,2	6,0	2,10	
1/2"	3/8"	29,2	330±5	333,2		317,2	16,0	5,0	1,47	
3/8"	N° 4	35,7	300±5	302,8		286,5	16,3	5,7	2,03	
<b>TOTALES</b>		<b>100,0</b>		<b>1314,1</b>		<b>1243,6</b>			<b>5,60</b>	
<b>OBSERVACIONES:</b> Solución: Sulfato de magnesio   										

  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A C

  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 19955


 Calle Las Higueiras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú


 Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680


 ialor@delheal.com  

 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

ÍNDICE DE DURABILIDAD						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
MTC E 214 - AASHTO T-210 - ASTM D 3744						
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO						
<b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA						
<b>MATERIAL</b> : Grava < 3/4" - 1/2" (Combinación de agregados pétreos)						
<b>MUESTRA</b> : M-1						
<b>CANTERA</b> : Carapongo						
<b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)						
<b>TÉCNICO</b> : 001						
<b>ING. RESP.</b> : G.Q.M.						
<b>FECHA</b> : 28/11/008						
<b>HECHO POR</b> : G.Q.M.						
<b>DEL KM</b> : 15/09/2018						
AGREGADO GRUESO						
MUESTRA DE DISEÑO MAC-2-01	UNIDAD	IDENTIFICACIÓN				Promedio
		1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla 3/4")	mm					
Hora de entrada a saturación	hh:mm	10:33	10:35	10:37		
Hora de salida de saturación (mas 10")	hh:mm	10:43	10:45	10:47		
Hora de entrada a decantación	hh:mm	10:45	10:47	10:49		
Hora de salida de decantación (mas 20")	hh:mm	11:05	11:07	11:09		
Altura de sedimentación en pulg.	pulg.	0.87	0.86	0.86		
Índice de durabilidad	%	77	78	78		78
<b>Observaciones:</b>						

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A C

**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CEP N° 19955

Calle Las Higuearas 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

<b>CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS</b>					
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>					
<b>MTC 219 - 2000</b>					
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO	<b>N° ENSAYO</b> : 001				
<b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA	<b>TÉCNICO</b> : G.Q.M.				
<b>MATERIAL</b> : Grava < 3/4" - 1/2" (Combinación de agregados pétreos)	<b>ING° RESP.</b> : M.L.L.				
<b>MUESTRA</b> : M-1	<b>HECHO POR</b> : G.Q.M.				
<b>CANTERA</b> : Carapongo	<b>FECHA</b> : 15/09/2018				
<b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)					
<b>AGREGADO GRUESO</b>					
<b>MUESTRA :</b>	<b>IDENTIFICACION</b>				
<b>ENSAYO N°</b>	1	2	3	Promedio	
(1) Peso muestra (gr)	1312,00	1316,00	1319,00		
(2) Volumen aforo (ml)	500,00	500,00	500,00		
(3) Volumen alicuota (ml)	100,00	100,00	100,00		
(4) Peso masa cristalizada (gr)	0,15	0,15	0,19		
(5) Porcentaje de sales (%) $(100/((3) \times (1)/(4) \times (2)))$	0,06	0,06	0,07	0,06	%
<b>Observaciones :</b>					

  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955

 Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

 Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

 ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

<b>ADEHERENCIA DEL AGREGADO GRUESO</b>										
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>										
<b>ASTM D 1664</b>										
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO <b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA <b>MATERIAL</b> : Grava < 3/4" - 1/2" (Combinación de agregados pétreos) <b>MUESTRA</b> : M-1 <b>CANTERA</b> : Carapongo <b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)	<b>TÉCNICO</b> : 001 <b>ING. RESP.</b> : G.Q.M. <b>FECHA</b> : M.L.L. <b>HECHO POR</b> : G.Q.M. <b>DEL KM</b> : 15/09/2018									
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>										
<b>Cantera</b> : Carapongo <b>Material</b> : Grava < 3/4" - 1/2" (Combinación de agregados pétreos)										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;">Material</th> <th style="width: 40%;">Muestra</th> <th style="width: 30%;">% Adhesividad</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>Sin aditivo</td> <td style="text-align: center;">&lt; 95%</td> </tr> <tr> <td>Agregado grueso</td> <td>Aditivo Zycotherm - 0.07%</td> <td style="text-align: center;">+ 95%</td> </tr> </tbody> </table>		Material	Muestra	% Adhesividad	Agregado grueso	Sin aditivo	< 95%	Agregado grueso	Aditivo Zycotherm - 0.07%	+ 95%
Material	Muestra	% Adhesividad								
Agregado grueso	Sin aditivo	< 95%								
Agregado grueso	Aditivo Zycotherm - 0.07%	+ 95%								
<b>Observaciones :</b> <hr/> <hr/> <hr/>										

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 19955

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)

**ANEXO C**

**ENSAYOS DE CALIDAD DEL**

**AGREGADO FINO**

**(ARENA CHANCADA CANTERA CARAPONGO)**



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

<b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>					
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>					
<b>MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176</b>					
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO			<b>N° ENSAYO</b> : 001		
<b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA			<b>TÉCNICO</b> : G.Q.M.		
<b>MATERIAL</b> : Arena Chancada para asfalto < 1/4"			<b>ING° RESP.</b> : M.L.L.		
<b>MUESTRA</b> : M-1			<b>HECHO POR</b> : G.Q.M.		
<b>CANTERA</b> : Carapongo			<b>FECHA</b> : 15/09/2018		
<b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Cartera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)					
<b>MUESTRA:</b>		<b>IDENTIFICACIÓN</b>			
M-1		1	2	3	4
Hora de entrada a saturación	hh:mm	10:45	10:47	10:49	/
Hora de salida de saturación (más 10')	hh:mm	10:55	10:57	10:59	
Hora de entrada a decantación	hh:mm	10:57	10:59	11:01	
Hora de salida de decantación (más 20')	hh:mm	11:17	11:19	11:21	
Altura máxima de material fino	Pulg.	5,00	5,00	4,80	
Altura máxima de la arena	Pulg.	3,60	3,60	3,50	
Equivalente de arena	%	72	72	73	
<b>Equivalente de arena promedio</b>	%	72,3			
<b>Resultado equivalente de arena</b>	%	73			
<b>Observaciones:</b>					

  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955


 Calle Las Higuieras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú


 Telf.: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680


 ialor@delheal.com  

 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS + PAVIMENTACIÓN + TRITURACIÓN DE AGREGADOS + TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

**LÍMITES DE ATTERBERG  
LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
(MALLA N° 40)**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS				
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-99 Y T-90				
<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO		<b>N° ENSAYO</b>	: 001
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAUJA		<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M.
<b>MATERIAL</b>	: Arena Chancada para asfalto < 1/4"		<b>ING° RESP.</b>	: M.L.L.
<b>MUESTRA</b>	: M-1		<b>HECHO POR</b>	: G.Q.M.
<b>CANSTERA</b>	: Carapongo		<b>FECHA</b>	: 15/09/2018
<b>UBICACIÓN</b>	: Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)			
LÍMITE LÍQUIDO				
N° TARRO	9	15	12	
TARRO + SUELO HÚMEDO	39,84	37,92	38,92	
TARRO + SUELO SECO	36,20	35,12	36,07	
AGUA	3,64	2,80	2,85	
PESO DEL TARRO	21,30	22,59	21,96	
PESO DEL SUELO SECO	14,90	12,53	14,11	
% DE HUMEDAD	24,43	22,35	20,20	
N° DE GOLPES	15	25	36	
LÍMITE PLÁSTICO				
N° TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
<b>NO PLÁSTICO</b>				
DIAGRAMA DE FLUIDEZ				
<b>CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA</b>		<b>OBSERVACIONES</b>		
LÍMITE LÍQUIDO	22.1	Arena no plástica		
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.			
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.			

*Godo Quispe Monroy*  
**GODO QUISPE MONROY**  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
DELHEAL S.A.C.

*Manuel López Haberman*  
**MANUEL LÓPEZ HABERMAN**  
ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP N° 10655

Calle Las Higueiras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

**LÍMITES DE ATTERBERG**  
**LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD**  
**(MALLA N° 200)**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-99 Y T-90					
<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO			<b>N° ENSAYO</b>	: 001
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JALUJA			<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M.
<b>MATERIAL</b>	: Arena Chancada para asfalto < 1/4"			<b>ING° RESP.</b>	: M.L.L.
<b>MUESTRA</b>	: M-1			<b>HECHO POR</b>	: G.Q.M.
<b>CANTERA</b>	: Carapongo			<b>FECHA</b>	: 15/09/2018
<b>UBICACIÓN</b>	: Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancaayo)				
LÍMITE LÍQUIDO					
N° TARRO	4	8	10		
TARRO + SUELO HÚMEDO	40,62	42,08	40,22		
TARRO + SUELO SECO	37,21	38,84	37,61		
AGUA	3,41	3,44	2,71		
PESO DEL TARRO	21,31	20,88	21,76		
PESO DEL SUELO SECO	15,90	17,76	16,75		
% DE HUMEDAD	21,45	19,37	17,21		
N° DE GOLPES	18	25	36		
LÍMITE PLÁSTICO					
N° TARRO					
TARRO + SUELO HÚMEDO	<b>NO PLÁSTICO</b>				
TARRO + SUELO SECO					
AGUA					
PESO DEL TARRO					
PESO DEL SUELO SECO					
% DE HUMEDAD					
DIAGRAMA DE FLUIDEZ					
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES			
LÍMITE LÍQUIDO	19,2	Arena no plástica			
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.				
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.				

*[Signature]*  
**GODO GUISEP MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DREAMEI S A E

*[Signature]*  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955

Calle Las Higuieras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Tel: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS</b>					
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>					
<b>(NORMA AASHTO T-84, T-85)</b>					
<b>LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>					
<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO	<b>N° ENSAYO</b>	: 1		
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAUJA	<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M.		
<b>MATERIAL</b>	: Arena Chancada para asfalto < 1/4"	<b>ING° RESP.</b>	: M.L.L.		
<b>MUESTRA</b>	: M-1	<b>HECHO POR</b>	: G.Q.M.		
<b>CANTERA</b>	: Carapongo	<b>FECHA</b>	: 16/09/2018		
<b>UBICACIÓN</b>	: Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)				
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>					
<b>GRAVEDAD ESPECIFICA - AGREGADO FINO</b>					
A	Peso material saturado superficialmente seco ( en Aire ) (gr)	500,0	500,0	500	
B	Peso frasco + agua (gr)	645,0	645,0	645,0	
C	Peso frasco + agua + A (gr)	1145,0	1145,0	1145,0	
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	958,9	958,7	958,6	
E	Volumen de masa + volumen de vacío = C-D (cm3)	186,1	186,3	186,4	
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	497,8	497,8	497,8	
G	Volumen de masa = E - ( A - F ) (cm3)	183,9	184,1	184,2	<b>PROMEDIO</b>
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E	2,675	2,672	2,671	2,673
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E	2,687	2,684	2,682	2,685
	Pe aparente ( Base seca ) = F/G	2,707	2,704	2,702	2,705
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0,442	0,442	0,442	0,44%
<b>OBSERVACIONES:</b>					

  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A C

  
**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 19955


 Calle Las Higuieras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú


 Telf.: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680


 ialor@delheal.com  

 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

## DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104

<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO <b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA <b>MATERIAL</b> : Arena Chancada para asfalto < 1/4" <b>MUESTRA</b> : M-1 <b>CANTERA</b> : Carapongo <b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)	<b>N° ENSAYO</b> : 1 <b>TÉCNICO</b> : G.Q.M. <b>ING° RESP.</b> : M.L.L. <b>HECHO POR</b> : G.Q.M. <b>FECHA</b> : 15/09/2018
--	---

### ANÁLISIS CUANTITATIVO

#### AGREGADO FINO

TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso mín. requerido (g)	Peso fracción ensayada	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
3/8"	N° 04	4,3	100	100	--	99,8	0,2	0,9	0,0	--
N° 04	N° 08	28,1	100	100	--	99,7	0,3	8,4	2,4	--
N° 08	N° 16	22,2	100	100	--	99,5	0,5	11,1	2,5	--
N° 16	N° 30	14,8	100	100	--	99,6	0,4	5,9	0,9	--
N° 30	N° 50	11,3	100	100	--	99,7	0,3	3,4	0,4	--
N° 50	N° 100	3,5	100	100	--	99,5	0,5	1,8	0,1	--
< N° 100		15,8	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>TOTALES</b>		<b>100,0</b>	--	<b>600,0</b>	--	<b>597,8</b>	--	--	<b>6,19</b>	--

**OBSERVACIONES:** Se empleo Solución: Sulfato de Magnesio

  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 10955


 Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú


 Telf.: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680


 ialor@delheal.com  

 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

<b>ÍNDICE DE DURABILIDAD</b>							
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>							
<b>MTC E 214 - AASHTO T-210 - ASTM D 3744</b>							
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO			<b>N° ENSAYO</b> : 001				
<b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA			<b>TÉCNICO</b> : G.Q.M.				
<b>MATERIAL</b> : Arena Chancada para asfalto < 1/4"			<b>ING° RESP.</b> : M.L.L.				
<b>MUESTRA</b> : M-1			<b>HECHO POR</b> : G.Q.M.				
<b>CANTERA</b> : Carapongo			<b>FECHA</b> : 15/09/2018				
<b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)							
<b>AGREGADO FINO</b>							
MUESTRA	M-1	UNIDAD	IDENTIFICACIÓN				Promedio
			1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)		mm					
Hora de entrada a saturación		hh:mm	14:25	14:27	14:29		
Hora de salida de saturación (mas 10")		hh:mm	14:35	14:37	14:39		
Hora de entrada a decantación		hh:mm	14:37	14:39	14:41		
Hora de salida de decantación (mas 20")		hh:mm	14:57	14:59	15:01		
Altura máxima de material fino		Pulg.	5,50	5,70	5,50		
Altura máxima de la arena		Pulg.	3,70	3,70	3,70		
<b>Índice de durabilidad</b>		%	68	65	68		67
<b>Observaciones:</b>							

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A C

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

<b>ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO</b>				
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS				
(MTC E 222)				
<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO			<b>N° ENSAYO</b> : 1
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAUJA			<b>TÉCNICO</b> : G.Q.M.
<b>MATERIAL</b>	: Arena Chancada para asfalto < 1/4"			<b>ING° RESP.</b> : M.L.L.
<b>MUESTRA</b>	: M-1			<b>HECHO POR</b> : G.Q.M.
<b>CANTERA</b>	: Carapongo			<b>FECHA</b> : 15/09/2018
<b>UBICACIÓN</b>	: Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)			
ENSAYO	N°	1	2	ESPECIFICACIÓN
PESO DEL AGREGADO FINO	(w)	1425,00	1427,00	
VOLUMEN DEL CILINDRO	(v)	934,00	934,00	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGREGADO FINO	G <sub>sb</sub>	2,689	2,689	
VACÍOS NO COMPACTADOS	%	43,3	43,2	
FÓRMULA:				
$V - \frac{W}{G_{sb} \times 100}$				
<b>PROMEDIO</b>	%	<b>43,2</b>		
<b>OBSERVACIONES:</b>				

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955

Calle Las Higuieras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialora@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

<b>CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS</b>						
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>						
<b>MTC 219 - 2000</b>						
<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO				<b>N° ENSAYO</b>	: 001
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAUJA				<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M.
<b>MATERIAL</b>	: Arena Chancada para asfalto < 1/4"				<b>ING° RESP.</b>	: M.L.L.
<b>MUESTRA</b>	: M-1				<b>HECHO POR</b>	: G.Q.M.
<b>CANTERA</b>	: Carapongo				<b>FECHA</b>	: 15/09/2018
<b>UBICACIÓN</b>	: Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)					
<b>AGREGADO FINO</b>						
MUESTRA :	IDENTIFICACION				Promedio	
<b>ENSAYO N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>		
(1) Peso muestra (gr)	195,30	193,80	194,30	/		
(2) Volumen aforo (ml)	500,00	500,00	500,00	/		
(3) Volumen alicuota (ml)	50,00	50,00	50,00	/		
(4) Peso masa cristalizada (gr)	0,01	0,01	0,01	/		
(5) Porcentaje de sales (%) $(100/((3) \times (1)/(4) \times (2)))$	0,0639	0,0649	0,0644	/	<b>0,0644%</b>	
<b>Observaciones :</b>	_____ _____ _____ _____					

  
**GODO QUIESPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 ORIGINAL S A C

  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955


 Calle Las Higuearas 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú


 Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680


 iafor@delheal.com  

 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

**ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ARIDOS FINOS  
(PROCEDIMIENTO RIEDEL WEBER)**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC E 220

<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO	<b>N° ENSAYO</b>	: 001
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAUJA	<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M.
<b>MATERIAL</b>	: Arena Chancada para asfalto < 1/4"	<b>ING° RESP.</b>	: M.L.L.
<b>MUESTRA</b>	: M-1	<b>HECHO POR</b>	: G.Q.M.
<b>CANTERA</b>	: Carapongo	<b>FECHA</b>	: 15/09/2018
<b>UBICACIÓN</b>	: Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)		

**ENSAYO RIEDEL WEBER**

Muestra	Sin Aditivo	0.07% Aditivo Zycotherm	-	-	Especificación
<b>Concentración Molar</b>	<b>Desprendimiento</b>				
0	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-
4	PARCIAL	-	-	-	PARCIAL
5	TOTAL	-	-	-	-
6	TOTAL	PARCIAL	-	-	-
7	TOTAL	TOTAL	-	-	-
8	TOTAL	TOTAL	-	-	-
9	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

**Observaciones:** Ensayo sin aditivo y con una dosis de 0.07 % de aditivo zycotherm.

Del ensayo se deduce que: a una concentración molar de 5 el agregado ya presenta desprendimiento regular del ligante asfáltico, y con concentraciones de 6, 7 y 8 el desprendimiento es total; en conclusión el árido con el ligante asfáltico muestra afinidad dando lugar a una adecuada adhesividad.

**GODO QUISPE MONROY**  
TECNICO DE LABORATORIO  
S.A.C.

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP N° 19955



Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Perú



Tel: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680



ialon@delheal.com  
f construccionesdelheal sac  
www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

<b>DETECCIÓN CUALITATIVA DE ARCILLAS NOCIVAS DEL GRUPO DE ESMECTITA EN AGREGADOS, UTILIZANDO AZUL DE METILENO</b>					
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>					
<b>AASHTO T 330-07 (2011)*</b>					
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO <b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA : Arena Chancada para asfalto < 1/4" <b>MUESTRA</b> : M-1 <b>CANTERA</b> : Carapongo <b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)	<b>N° ENSAYO</b> : 001 <b>TÉCNICO</b> : G.Q.M. <b>ING° RESP.</b> : M.L.L. <b>HECHO POR</b> : G.Q.M. <b>FECHA</b> : 15/09/2018				
<b>RESULTADOS DE ENSAYO DE AZUL DE METILENO</b>					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 70%;">Identificación/Detalle de muestra</th> <th style="width: 30%;">Resultado(mg/g)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Agregado fino (arena chancada ) /Cantera Carapongo</td> <td style="text-align: center;">4,81</td> </tr> </tbody> </table>		Identificación/Detalle de muestra	Resultado(mg/g)	Agregado fino (arena chancada ) /Cantera Carapongo	4,81
Identificación/Detalle de muestra	Resultado(mg/g)				
Agregado fino (arena chancada ) /Cantera Carapongo	4,81				
<b>Observaciones:</b> (*) Antes AASHTO TP-57   					

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DRUMAL S A E

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 19055

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf.: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

## EQUIVALENTE DE ARENA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176

<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO	<b>N° ENSAYO</b>	: 002
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAUJA	<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M.
<b>MATERIAL</b>	: Arena Chancada para asfalto < 1/4"	<b>ING° RESP.</b>	: M.L.L.
<b>MUESTRA</b>	: M-2	<b>HECHO POR</b>	: G.Q.M.
<b>CANTERA</b>	: Carapongo	<b>FECHA</b>	: 15/09/2018
<b>UBICACIÓN</b>	: Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)		

MUESTRA: M-2		IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Hora de entrada a saturación	hh:mm	14:22	14:24	14:26	/
Hora de salida de saturación (más 10')	hh:mm	14:32	14:34	14:36	
Hora de entrada a decantación	hh:mm	14:34	14:36	14:38	
Hora de salida de decantación (más 20')	hh:mm	14:54	14:56	14:58	
Altura máxima de material fino	Pulg.	5,20	5,10	5,10	
Altura máxima de la arena	Pulg.	3,60	3,70	3,70	
Equivalente de arena	%	70	73	73	
<b>Equivalente de arena promedio</b>	<b>%</b>	72,0			
<b>Resultado equivalente de arena</b>	<b>%</b>	<b>72</b>			

Observaciones:

---



---



---

  
**GODO GUISEP MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

  
**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19055



Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Peru



Tel: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680



ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

**LÍMITES DE ATTERBERG  
LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
(MALLA N° 40)**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS				
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90				
<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO		<b>N° ENSAYO</b>	: 002
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAUJA		<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M.
<b>MATERIAL</b>	: Arena Chancada para asfalto < 1/4"		<b>ING° RESP.</b>	: M.L.L.
<b>MUESTRA</b>	: M-2		<b>HECHO POR</b>	: G.Q.M.
<b>CANTERA</b>	: Carapongo		<b>FECHA</b>	: 15/09/2018
<b>UBICACIÓN</b>	: Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)			
LÍMITE LÍQUIDO				
N° TARRO	3	6	7	
TARRO + SUELO HÚMEDO	38,33	35,69	37,38	
TARRO + SUELO SECO	35,18	33,12	34,79	
AGUA	3,17	2,57	2,59	
PESO DEL TARRO	21,88	21,06	21,19	
PESO DEL SUELO SECO	13,28	12,06	13,60	
% DE HUMEDAD	23,87	21,31	19,04	
N° DE GOLPES	15	25	35	
LÍMITE PLÁSTICO				
N° TARRO				
TARRO + SUELO HÚMEDO				
TARRO + SUELO SECO				
AGUA				
PESO DEL TARRO				
PESO DEL SUELO SECO				
% DE HUMEDAD				
<b>NO PLÁSTICO</b>				
DIAGRAMA DE FLUIDEZ				
<b>CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA</b>		<b>OBSERVACIONES</b>		
LÍMITE LÍQUIDO	21.1	Arena no plástica		
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.			
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.			

*Godo Quispe Monroy*  
**GODO QUISPE MONROY**  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
BELMAS A E-

*Manuel Lopez Laberian*  
**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP N° 19955

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Tel: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
construcciones delheal sac  
www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

**LÍMITES DE ATTERBERG  
LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
(MALLA N° 200)**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90					
<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO			<b>N° ENSAYO</b>	: 002
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAJUA			<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M.
<b>MATERIAL</b>	: Arena Chancada para asfalto < 1/4"			<b>ING° RESP.</b>	: M.L.L.
<b>MUESTRA</b>	: M-2			<b>HECHO POR</b>	: G.Q.M.
<b>CANTERA</b>	: Carapongo			<b>FECHA</b>	: 15/09/2018
<b>UBICACIÓN</b>	: Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)				
LÍMITE LÍQUIDO					
N° TARRO	12	10	9		
TARRO + SUELO HÚMEDO	37,45	38,28	38,24		
TARRO + SUELO SECO	34,71	36,44	35,76		
AGUA	2,74	2,84	2,48		
PESO DEL TARRO	21,96	21,70	21,30		
PESO DEL SUELO SECO	12,75	14,68	14,46		
% DE HUMEDAD	21,49	19,35	17,15		
N° DE GOLPES	15	25	36		
LÍMITE PLÁSTICO					
N° TARRO					
TARRO + SUELO HÚMEDO	<b>NO PLÁSTICO</b>				
TARRO + SUELO SECO					
AGUA					
PESO DEL TARRO					
PESO DEL SUELO SECO					
% DE HUMEDAD					
DIAGRAMA DE FLUIDEZ					
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA			OBSERVACIONES		
LÍMITE LÍQUIDO	19,1		Arena no plástica		
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.				
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.				

*Godó Quispé Monroy*  
**GODÓ QUISPÉ MONROY**  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
DELHEAL S.A.C.

*Manuel López Laberian*  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP N° 19955

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680

[iajon@delheal.com](mailto:iajon@delheal.com)  
 [construcciones delheal sac](https://www.facebook.com/construccionesdelhealsac)  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

## DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104

<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO	<b>N° ENSAYO</b> : 2
<b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA	<b>TÉCNICO</b> : G.Q.M.
<b>MATERIAL</b> : Arena Chancada para asfalto < 1/4"	<b>ING° RESP.</b> : M.L.L.
<b>MUESTRA</b> : M-2	<b>HECHO POR</b> : G.Q.M.
<b>CANTERA</b> : Carapongo	<b>FECHA</b> : 15/09/2018
<b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)	

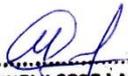
### ANÁLISIS CUANTITATIVO

#### AGREGADO FINO

TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso mín. requerido (g)	Peso fracción ensayada	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
3/8"	N° 04	1,7	100	100	--	99,7	0,3	0,5	0,0	--
N° 04	N° 08	30,2	100	100	--	99,6	0,4	12,1	3,7	--
N° 08	N° 16	29,9	100	100	--	99,8	0,2	6,0	1,8	--
N° 16	N° 30	16,2	100	100	--	99,7	0,3	4,9	0,8	--
N° 30	N° 50	6,1	100	100	--	99,4	0,6	3,6	0,2	--
N° 50	N° 100	5,9	100	100	--	99,1	0,9	5,3	0,3	--
< N° 100		10,0	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>TOTALES</b>		<b>100,0</b>	--	<b>600,0</b>	--	<b>597,3</b>	--	--	<b>6,77</b>	--

OBSERVACIONES: Se empleo Solución: Sulfato de Magnesio

  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

  
**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 19955

 Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

 Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

 ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

<b>ÍNDICE DE DURABILIDAD</b>							
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>							
<b>MTC E 214 - AASHTO T-210 - ASTM D 3744</b>							
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO						<b>N° ENSAYO</b> : 002	
<b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA						<b>TÉCNICO</b> : G.Q.M.	
<b>MATERIAL</b> : Arena Chancada para asfalto < 1/4"						<b>ING° RESP.</b> : M.L.L.	
<b>MUESTRA</b> : M-2						<b>HECHO POR</b> : G.Q.M.	
<b>CANTERA</b> : Carapongo						<b>FECHA</b> : 15/09/2018	
<b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)							
<b>AGREGADO FINO</b>							
MUESTRA	M-2	UNIDAD	IDENTIFICACIÓN				Promedio
			1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)		mm					
Hora de entrada a saturación		hh:mm	14:25	14:27	14:29		
Hora de salida de saturación (mas 10")		hh:mm	14:35	14:37	14:39		
Hora de entrada a decantación		hh:mm	14:37	14:39	14:41		
Hora de salida de decantación (mas 20")		hh:mm	14:57	14:59	15:01		
Altura máxima de material fino		Pulg.	5,20	5,10	5,20		
Altura máxima de la arena		Pulg.	3,60	3,50	3,60		
Índice de durabilidad		%	70	69	70		<b>70</b>
<b>Observaciones:</b>							

**GODO QUISEP MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 D E I H E A L S A C

**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  

 construcciones delheal sac  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

<b>ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO</b>				
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS				
(MTC E 222)				
<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO	<b>N° ENSAYO</b>	: 2	
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAUJA	<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M.	
<b>MATERIAL</b>	: Arena Chancada para asfalto < 1/4"	<b>ING° RESP.</b>	: M.L.L.	
<b>MUESTRA</b>	: M-2	<b>HECHO POR</b>	: G.Q.M.	
<b>CANTERA</b>	: Carapongo	<b>FECHA</b>	: 15/09/2018	
<b>UBICACIÓN</b>	: Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)			
ENSAYO	N°	1	2	ESPECIFICACIÓN
PESO DEL AGREGADO FINO	(w)	1415,00	1417,00	
VOLUMEN DEL CILINDRO	(v)	934,00	934,00	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGREGADO FINO	G <sub>sb</sub>	2,689	2,689	
VACÍOS NO COMPACTADOS	%	43,7	43,6	Min.30
/				<b>FÓRMULA:</b> $V - \frac{W}{Gsb \times 100}$
<b>PROMEDIO</b>	%	43,6		
<b>OBSERVACIONES:</b>				

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 ORIGINAL S A C

**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CAP N° 19955

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
MTC 219 - 2000						
<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA IIRSA CENTRO				<b>N° ENSAYO</b>	: 002
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAUJA				<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M.
<b>MATERIAL</b>	: Arena Chancada para asfalto < 1/4"				<b>ING° RESP.</b>	: M.L.L.
<b>MUESTRA</b>	: M-2				<b>HECHO POR</b>	: G.Q.M.
<b>CANTERA</b>	: Carapongo				<b>FECHA</b>	: 15/09/2018
<b>UBICACIÓN</b>	: Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)					
AGREGADO FINO						
MUESTRA :	IDENTIFICACION				Promedio	
<b>ENSAYO N°</b>	1	2	3	4		
(1) Peso muestra (gr)	192,10	191,90	191,30	/		
(2) Volumen aforo (ml)	500,00	500,00	500,00	/		
(3) Volumen alicuota (ml)	50,00	50,00	50,00	/		
(4) Peso masa cristalizada (gr)	0,01	0,01	0,01	/		
(5) Porcentaje de sales (%) $(100/((3) \times (1)/(4) \times (2)))$	0,0597	0,0600	0,0602	/	0,0600%	
<b>Observaciones :</b>						

  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A C

  
**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 10955


 Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú


 Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680


 ialor@delheal.com  

 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com

**ANEXO C**

**ENSAYOS DE CALIDAD DEL**

**AGREGADO FINO**

**(ARENA CHANCADA CANTERA EXCALIBUR)**



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

<b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176					
<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRTERA CENTRAL IIRSA CENTRO			<b>N° ENSAYO</b>	: 001
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAUJA			<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M.
<b>MATERIAL</b>	: Arena Chancada para asfalto < 3/16"			<b>ING° RESP.</b>	: M.L.L.
<b>MUESTRA</b>	: M-1			<b>HECHO POR</b>	: G.Q.M.
<b>CANTERA</b>	: Excalibur			<b>FECHA</b>	: 15/09/2018
<b>UBICACIÓN</b>	: Acopio km 18+700 LD (Cartera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)				
<b>MUESTRA: M-1</b>					
		IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Hora de entrada a saturación	hh:mm	11:20	11:22	11:24	/
Hora de salida de saturación (más 10')	hh:mm	11:30	11:32	11:34	
Hora de entrada a decantación	hh:mm	11:32	11:34	11:36	
Hora de salida de decantación (más 20')	hh:mm	11:52	11:54	11:56	
Altura máxima de material fino	Pulg.	4,90	4,90	4,80	
Altura máxima de la arena	Pulg.	3,50	3,50	3,40	
Equivalente de arena	%	72	72	71	
<b>Equivalente de arena promedio</b>	%	71,7			
<b>Resultado equivalente de arena</b>	%	72			
<b>Observaciones:</b>					

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955



Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Perú



Telf: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680



ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

**LÍMITES DE ATTERBERG  
LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
(MALLA N° 40)**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS			
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90			
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRTERA CENTRAL IIRSA CENTRO	<b>N° ENSAYO</b> : 001		
<b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA	<b>TÉCNICO</b> : G.Q.M.		
<b>MATERIAL</b> : Arena Chancada para asfalto < 3/16"	<b>ING° RESP.</b> : M.L.L.		
<b>MUESTRA</b> : M-1	<b>HECHO POR</b> : G.Q.M.		
<b>CANTERA</b> : Excalibur	<b>FECHA</b> : 15/09/2018		
<b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Cartera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)			
LÍMITE LÍQUIDO			
N° TARRO			
TARRO + SUELO HÚMEDO	NO PLÁSTICO		
TARRO + SUELO SECO			
AGUA			
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			
N° DE GOLPES			
LÍMITE PLÁSTICO			
N° TARRO			
TARRO + SUELO HÚMEDO	NO PLÁSTICO		
TARRO + SUELO SECO			
AGUA			
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			
DIAGRAMA DE FLUIDEZ			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	NO PLÁSTICO		
15.0	10.0	20.0	30.0
23.0	40.0	50.0	60.0
	70.0	80.0	90.0
	100.0		
	N° DE GOLPES		
CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA		OBSERVACIONES	
LÍMITE LÍQUIDO	N.P.	Arena no plástica	
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.		
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.		

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 19055



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

**LÍMITES DE ATTERBERG  
LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD  
(MALLA N° 200)**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS			
MTC E 110 Y E 111 - ASTM D 4318 - AASHTO T-89 Y T-90			
<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRTERA CENTRAL IIRSA CENTRO	<b>N° ENSAYO</b>	: 001
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAJUA	<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M
<b>MATERIAL</b>	: Arena Chancada para asfalto < 3/16"	<b>ING° RESP.</b>	: M.L.L
<b>MUESTRA</b>	: M-1	<b>HECHO POR</b>	: G.Q.M
<b>CANTERA</b>	: Excalibur	<b>FECHA</b>	: 15/08/2018
<b>UBICACIÓN</b>	: Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)		
LÍMITE LÍQUIDO			
N° TARRO			
TARRO + SUELO HÚMEDO			
TARRO + SUELO SECO			
AGUA			
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			
N° DE GOLPES			
<b>NO PLÁSTICO</b>			
LÍMITE PLÁSTICO			
N° TARRO			
TARRO + SUELO HÚMEDO			
TARRO + SUELO SECO			
AGUA			
PESO DEL TARRO			
PESO DEL SUELO SECO			
% DE HUMEDAD			
<b>NO PLÁSTICO</b>			
DIAGRAMA DE FLUIDEZ			
27.0			
26.0			
25.0			
24.0			
23.0			
22.0			
21.0			
20.0			
19.0			
18.0			
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			
	10.0	20.0	30.0
	40.0	50.0	60.0
	70.0	80.0	90.0
	100.0		
	N° DE GOLPES		
<b>NO PLÁSTICO</b>			
<b>CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA</b>		<b>OBSERVACIONES</b>	
LÍMITE LÍQUIDO	N.P.		
LÍMITE PLÁSTICO	N.P.		
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	N.P.		

  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DE IIRSA S A C

  
**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CEP N° 10915



Calle Las Higueiras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Perú



Tel: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680



ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

## GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

(NORMA AASHTO T-84, T-85)

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRTERA CENTRAL IIRSA CENTRO <b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA <b>MATERIAL</b> : Arena Chancada para asfalto < 3/16" <b>MUESTRA</b> : M-1 <b>CANTERA</b> : Excalibur <b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carrera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)	<b>N° ENSAYO</b> : 1 <b>TÉCNICO</b> : G.Q.M. <b>ING° RESP.</b> : M.L.L. <b>HECHO POR</b> : G.Q.M. <b>FECHA</b> : 15/09/2018
--	---

### DATOS DE LA MUESTRA

#### GRAVEDAD ESPECÍFICA - AGREGADO FINO

A	Peso material saturado superficialmente seco ( en Aire ) (gr)	500,0	500,0	500,0	
B	Peso frasco + agua (gr)	646,0	646,0	646,0	
C	Peso frasco + agua + A (gr)	1146,0	1146,0	1146,0	
D	Peso del material + agua en el frasco (gr)	956,8	956,8	956,7	
E	Volumen de masa + volumen de vacio = C-D (cm3)	189,2	189,2	189,3	
F	Peso de material seco en estufa (105°C) (gr)	496,6	496,5	496,6	
G	Volumen de masa = E - ( A - F ) (cm3)	185,8	185,7	185,9	PROMEDIO
	Pe bulk ( Base seca ) = F/E	2,625	2,624	2,623	2,624
	Pe bulk ( Base saturada ) = A/E	2,643	2,643	2,641	2,643
	Pe aparente ( Base seca ) = F/G	2,673	2,674	2,671	2,673
	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0,685	0,705	0,685	0,69%

**OBSERVACIONES:**

---



---



---



---

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A C

**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialon@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

## DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104

OBRA : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRTERA CENTRAL IIRSA CENTRO  
 TRAMO : LA OROYA - JAUJA  
 MATERIAL : Arena Chancada para asfalto < 3/16"  
 MUESTRA : M-1  
 CANTERA : Excalibur  
 UBICACIÓN : Acopio km 18+700 LD (Carrera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)

N° ENSAYO : 1  
 TÉCNICO : G.G.M.  
 ING° RESP. : M.L.L.  
 HECHO POR : G.G.M.  
 FECHA : 15/09/2018

### ANÁLISIS CUANTITATIVO

#### AGREGADO FINO

TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso mín. requerido (g)	Peso fracción ensayada	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
3/8"	N° 04	0,4	100	100	--	99,8	0,2	0,1	0,0	--
N° 04	N° 08	25,3	100	100	--	99,6	0,4	10,1	2,6	--
N° 08	N° 16	17,0	100	100	--	99,5	0,5	8,5	1,4	--
N° 16	N° 30	15,7	100	100	--	99,4	0,6	9,4	1,5	--
N° 30	N° 50	7,5	100	100	--	99,8	0,2	1,5	0,1	--
N° 50	N° 100	2,3	100	100	--	99,7	0,3	0,7	0,0	--
< N° 100		6,5	--	--	--	--	--	--	--	--
TOTALES		74,6	--	600,0	--	597,8	--	--	5,61	--

OBSERVACIONES: Se empleo Solución: Sulfato de Magnesio

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

<b>ÍNDICE DE DURABILIDAD</b>							
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>							
<b>MTC E 214 - AASHTO T-210 - ASTM D 3744</b>							
<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRTERA CENTRAL IIRSA CENTRO				<b>N° ENSAYO</b>	: 001	
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAUJA				<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M.	
<b>MATERIAL</b>	: Arena Chancada para asfalto < 3/16"				<b>ING° RESP.</b>	: M.L.L.	
<b>MUESTRA</b>	: M-1				<b>HECHO POR</b>	: G.Q.M.	
<b>CANTERA</b>	: Excalibur				<b>FECHA</b>	: 15/09/2018	
<b>AGREGADO FINO</b>							
MUESTRA	M-1	UNIDAD	IDENTIFICACIÓN				Promedio
			1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)		mm	4,76	4,76	4,76	/	
Hora de entrada a saturación		hh:mm	16:15	16:17	16:19		
Hora de salida de saturación (mas 10")		hh:mm	16:25	16:27	16:29		
Hora de entrada a decantación		hh:mm	16:27	16:29	16:31		
Hora de salida de decantación (mas 20")		hh:mm	16:47	16:49	16:51		
Altura máxima de material fino		Pulg.	5,20	5,00	5,00		
Altura máxima de la arena		Pulg.	3,60	3,60	3,50		
<b>Índice de durabilidad</b>		%	70	72	70		<b>71</b>
<b>Observaciones:</b>							

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A C

**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

[ialor@delheal.com](mailto:ialor@delheal.com)  
[construcciones delheal sac](https://www.facebook.com/construccionesdelhealsac)  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

## ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

(MTC E 222)

<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRTERA CENTRAL IIRSA CENTRO	<b>N° ENSAYO</b>	: 1
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAUJA	<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M.
<b>MATERIAL</b>	: Arena Chancada para asfalto < 3/16"	<b>ING° RESP.</b>	: M.L.L.
<b>MUESTRA</b>	: M-1	<b>HECHO POR</b>	: G.Q.M.
<b>CANTERA</b>	: Excalibur	<b>FECHA</b>	: 15/09/2018
<b>UBICACIÓN</b>	: Acopio km 18+700 LD (Carrera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)		

ENSAYO	N°	1	2	ESPECIFICACIÓN
PESO DEL AGREGADO FINO	(w)	1465,00	1467,00	
VOLUMEN DEL CILINDRO	(v)	934,00	934,00	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGREGADO FINO	G <sub>sb</sub>	2,649	2,649	
VACÍOS NO COMPACTADOS	%	40,8	40,7	Min.30
				<b>FÓRMULA:</b> $\frac{V - W}{G_{sb} \times 100}$
<b>PROMEDIO</b>	%	40,7		

OBSERVACIONES:

  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DISEÑO S.A.C.

  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CEP N° 19455



Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú



Tel: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680



ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
MTC 219 - 2000					
OBRA	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRTERA CENTRAL IIRSA CENTRO		N° ENSAYO	: 001	
TRAMO	: LA OROYA - JAUJA		TÉCNICO	: G.Q.M.	
MATERIAL	: Arena Chancada para asfalto < 3/16"		ING° RESP.	: M.L.L.	
MUESTRA	: M-1		HECHO POR	: G.Q.M.	
CANTERA	: Excalibur		FECHA	: 15/09/2018	
UBICACIÓN	: Acopio km 18+700 LD (Carrera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)				
AGREGADO FINO					
MUESTRA :	IDENTIFICACION				Promedio
ENSAYO N°	1	2	3	4	
(1) Peso muestra (gr)	185,20	183,60	185,30	/	
(2) Volumen aforo (ml)	500,00	500,00	500,00	/	
(3) Volumen alicuota (ml)	50,00	50,00	50,00	/	
(4) Peso masa cristalizada (gr)	0,01	0,01	0,01	/	
(5) Porcentaje de sales (%) $(100/((3) \times (1)/(4) \times (2)))$	0,078	0,079	0,079	/	0,08%
Observaciones :					

  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A C

  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955


 Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Peru


 Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680


 ialor@delheal.com  

 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

<b>DETECCIÓN CUALITATIVA DE ARCILLAS NOCIVAS DEL GRUPO DE ESMECTITA EN AGREGADOS, UTILIZANDO AZUL DE METILENO</b>			
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>			
<b>AASHTO T 330-07 (2011)*</b>			
<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRTERA CENTRAL IIRSA CENTRO	<b>N° ENSAYO</b>	: 001
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAUJA	<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M.
<b>MATERIAL</b>	: Arena Chancada para asfalto < 3/16"	<b>ING° RESP.</b>	: M.L.L.
<b>MUESTRA</b>	: M-1	<b>HECHO POR</b>	: G.Q.M.
<b>CANTERA</b>	: Excalibur	<b>FECHA</b>	: 15/09/2018
<b>UBICACIÓN</b>	: Acopio km 18+700 LD (Carrtera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)		
<b>RESULTADOS DE ENSAYO DE AZUL DE METILENO</b>			
<b>Identificación/Detalle de muestra</b>		<b>Resultado(mg/g)</b>	
Agregado fino (arena natural zarandeada) /Cantera Peaje Quiulla		<b>3,28</b>	
<b>Observaciones:</b> (*) Antes AASHTO TP-57			

  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

  
**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CEP N° 19956



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

<b>EQUIVALENTE DE ARENA</b>					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176					
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO			<b>N° ENSAYO</b> : 004		
<b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA			<b>TÉCNICO</b> : G.Q.M.		
<b>MATERIAL</b> : Arena Chancada para asfalto < 3/16"			<b>ING° RESP.</b> : M.L.L.		
<b>MUESTRA</b> : M-4			<b>HECHO POR</b> : G.Q.M.		
<b>CANTERA</b> : Excalibur			<b>FECHA</b> : 17/09/2018		
<b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)					
<b>MUESTRA:</b>		<b>IDENTIFICACIÓN</b>			
<b>M-4</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Hora de entrada a saturación	hh:mm	15:23	15:25	15:27	/
Hora de salida de saturación (más 10')	hh:mm	15:33	15:35	15:37	
Hora de entrada a decantación	hh:mm	15:35	15:37	15:39	
Hora de salida de decantación (más 20')	hh:mm	15:55	15:57	15:59	
Altura máxima de material fino	Pulg.	4,80	5,00	4,80	
Altura máxima de la arena	Pulg.	3,50	3,60	3,50	
Equivalente de arena	%	73	72	73	
<b>Equivalente de arena promedio</b>	%	72,7			
<b>Resultado equivalente de arena</b>	%	73			
<b>Observaciones:</b>					

  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19055


 Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú


 Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680


 ialor@delheal.com  

 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

## DURABILIDAD AL SULFATO DE SODIO Y MAGNESIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC E 209 - ASTM C 88 - AASHTO T-104

<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO <b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA <b>MATERIAL</b> : Arena Chancada para asfalto < 3/16" <b>MUESTRA</b> : M-4 <b>CANTERA</b> : Excalibur <b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)	<b>N° ENSAYO</b> : 4 <b>TÉCNICO</b> : G.Q.M. <b>ING° RESP.</b> : M.L.L. <b>HECHO POR</b> : G.Q.M. <b>FECHA</b> : 17/09/2018
--	---

### ANÁLISIS CUANTITATIVO

#### AGREGADO FINO

TAMAÑO		Gradación Original (%)	Peso mín. requerido (g)	Peso fracción ensayada	N° de partículas	Peso ret. después de ensayo (g)	Pérdida		Pérdida corregida (%)	N° de partículas
Pasa	Retiene						Peso (gr)	%		
3/8"	N° 04	0,2	100	100	--	99,8	0,2	0,0	0,0	--
N° 04	N° 08	25,3	100	100	--	99,7	0,3	7,6	1,9	--
N° 08	N° 16	18,6	100	100	--	99,6	0,4	7,4	1,4	--
N° 16	N° 30	16,8	100	100	--	99,7	0,3	5,0	0,8	--
N° 30	N° 50	5,0	100	100	--	99,6	0,4	2,0	0,1	--
N° 50	N° 100	1,6	100	100	--	99,8	0,2	0,3	0,0	--
< N° 100		8,1	--	--	--	--	--	--	--	--
<b>TOTALES</b>		<b>75,5</b>	--	<b>600,0</b>	--	<b>598,2</b>	--	--	<b>4,25</b>	--

**OBSERVACIONES:** Se empleo Solución: Sulfato de Magnesio

  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DRIW 21481

  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CEP N° 19955



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

## ÍNDICE DE DURABILIDAD

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

MTC E 214 - AASHTO T-210 - ASTM D 3744

<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO <b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA <b>MATERIAL</b> : Arena Chancada para asfalto < 3/16" <b>MUESTRA</b> : M-4 <b>CANTERA</b> : Excalibur <b>UBICACIÓN</b> : Acopio km 18+700 LD (Cartera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)	<b>N° ENSAYO</b> : 004 <b>TÉCNICO</b> : G.Q.M. <b>ING° RESP.</b> : M.L.L. <b>HECHO POR</b> : G.Q.M. <b>FECHA</b> : 17/09/2018
--	---

### AGREGADO FINO

MUESTRA	M-4	UNIDAD	IDENTIFICACIÓN				Promedio
			1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)		mm					
Hora de entrada a saturación		hh:mm	14:25	14:27	14:29		
Hora de salida a saturación (mas 10")		hh:mm	14:35	14:37	14:39		
Hora de entrada a decantación		hh:mm	14:37	14:39	14:41		
Hora de salida de decantación (mas 20")		hh:mm	14:57	14:59	15:01		
Altura máxima de material fino		Pulg.	5.20	5.10	5.10		
Altura máxima de la arena		Pulg.	3.50	3.50	3.50		
<b>Índice de durabilidad</b>		%	68	69	69		69

**Observaciones:**

  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19055


 Calle Las Higuieras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú


 Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680


 ialor@delheal.com  

 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

<b>ANGULARIDAD DEL AGREGADO FINO</b>				
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>				
<b>(MTC E 222)</b>				
<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO	<b>N° ENSAYO</b>	: 4	
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAUJA	<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M.	
<b>MATERIAL</b>	: Arena Chancada para asfalto < 3/16"	<b>ING° RESP.</b>	: M.L.L.	
<b>MUESTRA</b>	: M-4	<b>HECHO POR</b>	: G.Q.M.	
<b>CANTERA</b>	: Excalibur	<b>FECHA</b>	: 17/09/2018	
<b>UBICACIÓN</b>	: Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)			
<b>ENSAYO</b>	<b>N°</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>ESPECIFICACIÓN</b>
PESO DEL AGREGADO FINO	(w)	1415,00	1417,00	
VOLUMEN DEL CILINDRO	(v)	934,00	934,00	
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGREGADO FINO	G <sub>sb</sub>	2,649	2,649	
VACÍOS NO COMPACTADOS	%	42,8	42,7	
				<b>Min.30</b>
				<b>FÓRMULA:</b>
				V- $\frac{W}{G_{sb} \times 100}$
<b>PROMEDIO</b>	%	<b>42,8</b>		v
<b>OBSERVACIONES:</b>				

  
**GODO QUISEP MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A C

  
**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955


 Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú


 Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680


 ialor@delheal.com  

 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

CONTENIDO DE SALES SOLUBLES EN AGREGADOS					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
MTC 219 - 2000					
<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO	<b>N° ENSAYO</b>	: 004		
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAUJA	<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M.		
<b>MATERIAL</b>	: Arena Chancada para asfalto < 3/16"	<b>ING° RESP.</b>	: M.L.L.		
<b>MUESTRA</b>	: M-4	<b>HECHO POR</b>	: G.Q.M.		
<b>CANTERA</b>	: Excalibur	<b>FECHA</b>	: 17/09/2018		
<b>UBICACIÓN</b>	: Acopio km 18+700 LD (Carretera IIRSA CENTRO - Tramo: La Oroya - Huancayo)				
AGREGADO FINO					
MUESTRA :	IDENTIFICACION				Promedio
<b>ENSAYO N°</b>	1	2	3	4	
(1) Peso muestra (gr)	175,10	176,20	174,30	/	
(2) Volumen aforo (ml)	500,00	500,00	500,00	/	
(3) Volumen alicuota (ml)	50,00	50,00	50,00	/	
(4) Peso masa cristalizada (gr)	0,01	0,01	0,01	/	
(5) Porcentaje de sales (%) $(100/((3) \times (1)/(4) \times (2)))$	0,0655	0,0616	0,0604	/	<b>0,0625%</b>
<b>Observaciones :</b>					

  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 19955

**ANEXO D**

**COMBINACIÓN TEÓRICA DE MEZCLA  
DE AGREGADOS HUSOS  
GRANULOMÉTRICOS**

**(HUSO D5 ASTM D 3515 - DISEÑO MARSHALL)**

**(HUSO GRANULOMETRÍA SUPERPAVE - DISEÑO  
MARSHALL)**



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS										
COMBINACIÓN TEÓRICA DE AGREGADOS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE										
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE- ASTM D 3615										
OBRA	REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IRSR CENTRO						TÉCNICO	G.O.M.		
TRAMO	LA OROYA - JAUJA						ING° RESP.	M.L.L.		
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente con Granulometría SUPERPAVE						FECHA	20/08/2018		
PROCEDEC.	Planta de Asfalto Peaje Quitulla									
UBICACIÓN	km 18+700 LD									
TAMICEZ		Fajas por agregados a intervenir					Mezcla MAC-2			Chequeo
		Filler	Arena Triturada	Arena Triturada	Grava Triturada	Gravilla Triturada	Comb. Teórica	Específic. ASTM D 3615		
		Call hidratada	Excalibur < 3/16"	Carapongo < 1/4"	Carapongo < 3/4" - 1/2"	Carapongo < 1/2"				
		2,0%	13,0%	30,0%	15,0%	40,0%				
11/2"	38,100						100,0			
1	25,400						100,0			
3/4"	19,050	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100	100	ok
1/2"	12,700	100,0	100,0	100,0	85,1	100,0	94,8	90	100	ok
3/8"	9,525	100,0	100,0	100,0	37,0	55,1	72,8			
#4	4,760	100,0	99,5	97,4	1,9	0,7	44,7	44	74	ok
#8	2,360	100,0	74,5	66,3	0,2	0,3	32,3	28	58	ok
#16	1,180	100,0	50,4	44,3	0,1	0,2	21,9			
#30	0,850	100,0	34,0	28,3	0,0	0,2	15,0			
#40	0,420									
#50	0,300	99,6	21,2	18,4	0,0	0,1	10,3	5	21	ok
#60	0,177									
#100	0,150	99,6	13,6	11,1	0,0	0,1	7,1			
#200	0,075	84,5	9,6	6,9	0,0	0,1	5,1	2	10	ok

REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA COMBINACIÓN TEÓRICA										
N°200 N°100 N°80 N°60 N°40 N°30 N°18 N°10 N°8 N°4 3/8" 1/2" 3/4" 1"										
100										
90										
80										
70										
60										
50										
40										
30										
20										
10										
0										
	0,075	0,150	0,300	0,420	0,600	1,180	2,360	4,760	9,525	19,050
	Abertura en mm ( escala logarítmica )									

Observaciones: % de agregados definido con el TAMIZ N° 4  
 Grava: 55,3  
 Arena: 44,7  
 Total de Agregados: 100,0

*[Signature]*  
**GODO QUISEP MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A C

*[Signature]*  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construccionesdelheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

COMBINACIÓN TEÓRICA DE AGREGADOS PARA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE									
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS									
OBRA :	REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL BRSA CENTRO					TÉCNICO :	G.G.M.		
TRAMO :	LA OROYA - JALJA					ING° RESP. :	M.L.L.		
MATERIAL :	Mezcla Asfáltica en Caliente con Granulometría SUPERPAVE					FECHA :	20/09/2018		
PROCEDENC. :	Planta de Asfalto Peaje Cutulca								
UBICACIÓN :	Km 18-700 LD								
Cálculo de Porcentajes por agregados para la combinación granulométrica teórica									
TAMICEZ		Filler	Arena Triturada	Arena Triturada	Grava Triturada	Gravilla Triturada	Comb. Teórica	Especific. ASTM D 3515	
		Call hidratada	Excilibur < 3/16"	Carapongo < 1/4"	Carapongo < 3/4" - 1/2"	Carapongo < 1/2"			
		2,0%	13,0%	30,0%	15,0%	40,0%		MAC-2-Marshall	
1	25.400	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100	100
3/4"	19.050	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	87,0	100	100
1/2"	12.700	100,0	100,0	100,0	85,1	100,0	73,0	90	100
3/8"	9.525	100,0	100,0	100,0	37,0	55,1	61,8		
# 4	4.780	100,0	96,5	97,4	1,9	0,7	47,2	44	74
# 8	2.380	100,0	74,5	88,3	0,2	0,3	34,7	28	58
# 10	2.000								
# 18	1.180	100,0	50,4	44,3	0,1	0,2	23,8		
# 30	0.600	100,0	34,0	28,3	0,0	0,2	16,5		
# 40	0.420								
# 50	0.300	96,6	21,2	18,4	0,0	0,1	11,1	5	21
# 80	0.177								
# 100	0.150	96,6	13,6	11,1	0,0	0,1	7,7		
# 200	0.075	84,5	9,6	8,9	0,0	0,1	5,6	2	10
Graduación Superpave para Agregado de tamaño máximo nominal de 12,5 mm									
Tamices		Puntos de Control		Zona de Restricción		Fórmula de Mezcla	Tolerancia		
ASTM	mm	Min.	Máx.	Min.	Max.				
1"	25.40					100,0			
3/4"	19.00		100,0		100,0	100,0			
1/2"	12.50		90,0		100,0	94,8			
3/8"	9.500					72,6			
n° 4	4.750					44,7	[6]		
n° 8	2.360		28,0	58,0	39,1	32,3	[6]		
n° 10	2.00								
n° 16	1.180				25,6	31,6	21,9		
n° 30	0.600				19,1	23,1	15,0	[4]	
n° 40	0.420								
n° 50	0.300				15,5	15,5	10,3	[3]	
n° 80	0.177								
n° 100	0.150						7,1		
n° 200	0.075		2,0	10,0			5,1	[2]	
GRANULOMETRÍA SUPERPAVE									

*[Signature]*  
**GODO QUISEP MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DISTRITO S - T

*[Signature]*  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP No. 19455

📍 Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

📞 Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

🌐 [ialor@delheal.com](mailto:ialor@delheal.com)  
 🏢 [construcciones delheal sac](http://www.construccionesdelheal.com)  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)

## **ANEXO E**

# **COMBINACIÓN FÍSICA DE MEZCLA DE AGREGADOS HUSOS GRANULOMÉTRICOS**

**(HUSO D5 ASTM D 3515 - DISEÑO MARSHALL)**

**(HUSO GRANULOMETRÍA SUPERPAVE - DISEÑO  
MARSHALL)**



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

COPROBACIÓN FÍSICA DE LA COMBINACIÓN TEÓRICA									
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS									
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO									
MTC E-003 - ASTM D-546 - AABT0 T-30									
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE- ASTM D-3616									
OBRA :	REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO						TÉCNICO :	G.Q.M.	
TRAMO :	LA OROYA - JAUJA						ING° RESP. :	M.L.L.	
MATERIAL :	Mezcla Asfáltica en Caliente con Granometría SUPERPAVE						FECHA :	20/09/2018	
PROCEDENC. :	Planta de Asfalto Peaje Cuzco								
UBICACIÓN :	km 18+700 LD								
RESULTADO DE LA COMBINACIÓN FÍSICA									
TAMIZ	Abertura	PESO	PORCENTAJES			ESPECIFIC.	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA		
ASTM	mm	retenido	% retenido	% acumulado	% que pese	ASTM D 3515	TAMAÑO MÁXIMO	3/4"	
3"	76.200						UBICACIÓN :	Planta de Asfalto Portillo	
2 1/2"	63.500						HORA :	10:45 a.m.	
2"	50.800						PESO INICIAL	14320.0 gr	
1 1/2"	38.100						Peso de fracción (Arenal)	706.2 gr	
1"	25.400						Humedad Natural	1.8 %	
3/4"	19.050	0.0	0.0	0.0	100.0	100 - 100	PROPORCIONES		
1/2"	12.700	997.0	7.0	7.0	93.0	90 - 100	Grava Triturada-Carapongo < 3/4"-1/2"	15.0%	%
3/8"	9.525	2631.0	18.4	25.4	74.6		Gravilla Triturada-Carapongo < 1/2"	40.0%	%
N°4	4.760	4041.0	28.2	53.6	46.4	44 - 74	Arena Triturada - Carapongo < 1/4"	30.0%	%
N°8	2.360	152.1	10.0	63.6	36.4	28 - 58	Arena Natural - Excelibor < 3/16"	13.0%	%
N°10	2.000						Filler Mineral - Cal Hidratada	2.0%	%
N°15	1.180	181.2	11.9	75.5	24.5		Total de agregados	100.0%	%
N°30	0.800	135.2	8.9	84.4	15.6		Porcentaje de agregados en la granulometría tenenos:		
N°40	0.420						Agregado Grueso	53.6 %	
N°50	0.300	42.2	2.8	87.2	12.8	5 - 21	Agregado Fino	41.7 %	
N°80	0.177						Reteno Mineral	4.7 %	
N°100	0.150	89.0	5.8	93.0	7.0				
N°200	0.075	35.4	2.3	95.3	4.7	2 - 10	OBS.- Filler incluido en la Arena Triturada de la Cantera Gloria		
< 200	-	71.1	4.7	100.0	0.0		Humedad de Mezcla (%)	0.65	
REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA COMBINACIÓN FÍSICA									

*[Signature]*  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

*[Signature]*  
**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 19915

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialore@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

COPROBACIÓN FÍSICA DE LA COMBINACIÓN TEÓRICA									
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO									
MTC E - 107 - ASTM D 422 - AASHTO T 88									
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS									
DATOS DE LA MUESTRA									
OBRA :	REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO				TÉCNICO :	G.G.M.			
TRAMO :	LA OROYA - JALJLA				ING° RESP. :	M.L.L.			
MATERIAL :	Mezcla Asfáltica en Caliente con Granulometría SUPERPAVE				FECHA :	20/08/2018			
PROCEDENC. :	Planta de Asfalto Peaje Oroya								
UBICACIÓN :	km 18+700 LD								
Graduación Superpave para Agregado de tamaño máximo nominal de								12,5 mm	
Tamices			Puntos De Control	Zona de Restricción		Fórmula de Mezcla	Tolerancia		
ASTM	Æ mm	Æ 0.45		Min.	Max.				
2	50,000	5,815				100,0			
1 1/2"	37,500	5,109				100,0			
1"	25,00	4,257				100,0			
3/4"	19,00	3,762	100,0	100,0		100,0			
1/2"	12,50	3,116	90,0	100,0		93,0			
3/8"	9,500	2,754				74,6			
n° 4	4,750	2,016				46,4	[6]		
n° 8	2,360	1,472	28,0	58,0	39,1	39,1	36,4	[6]	
n° 10	2,000	1,366							
n° 16	1,180	1,077			25,6	31,6	24,5		
n° 30	0,600	0,795			19,1	23,1	15,6	[4]	
n° 40	0,420	0,677							
n° 50	0,300	0,582			15,5	15,5	12,8	[3]	
n° 80	0,177	0,459							
n° 100	0,150	0,426					7,0		
n° 200	0,075	0,312	2,0	10,0			4,7	[2]	

**GRANULOMETRÍA SUPERPAVE**

Tamaño de Tamiz a la potencia 0.45 (mm)

*(Signature)*  
**GODO QUISEP MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A C

*(Signature)*  
**MANUEL LOPEZ LABERIAH**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf.: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialore@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)

## **ANEXO F**

# **RESULTADOS DEL DISEÑO MARSHALL**

**(GRÁFICOS, RESUMEN, PORCENTAJES DE CONTENIDO DE ASFALTO,  
PESOS ESPECÍFICOS BULK, ÓPTIMO PORCENTAJE DE ASFALTO,  
MÁXIMA DENSIDAD TEÓRICA-RICE, ESTABILIDAD RETENIDA,  
ENSAYO RIEDER WEBER, ENSAYO DE ADHESIÓN AGREGADO  
GRUESO Y EQUIVALENTE DE ARENA)**



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

**OBRA** : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IRISA CENTRO  
**TRAMO** : LA OROYA - JAJUA  
**MATERIAL** : Mezcla Asfáltica en Caliente  
**PROCEDENC** : Perno de Audito Prage Oculda  
**UBICACIÓN** : Km. 13+00 LB

**TÉCNICO** : G.O.M.  
**ING° RESP.** : M.L.L.  
**FECHA** : 22/09/2018  
**CERTIFICADO** : D-01

VMA %

VACIOS LLENOS C.A. %

PESO ESPECÍFICO BULK

FLUJO

VACIOS

ESTABILIDAD

ESPECIFICACIONES	RESULTADO	ESPECIFIC.
CON PESOS EN LOS	75	75
ÓPTIMO CONTENIDO DE CEMENTO ASFÁLTICO	2.5	(14-16%)
PESO UNITARIO	2.425	3 - 5
VACIOS	3.8	Min 14
V.M.A.	14.30	2 - 4
VACIOS LLENOS CON C.A. (VFA)	73.4	Min. 815
FLUJO	3.50	1700 - 4000
ESTABILIDAD	1305	Min. 5
ESTABILIDAD FLUJO	3729	Min. 5
ESTABILIDAD RETENIDA	5.95	Min. 5
RELACION PÓLVO TIENE 0.077/mm/ASFALTO EFECTIVO	0.62	0.6 - 1.3 %

**DOSES RECOMENDADAS:**

- Grava Triturada < 3/4" - 1/2" Carretera Carapongo: 15.0%
- Gravilla Triturada < 1/2" Carretera Carapongo: 40.0%
- Arena Triturada < 1/4" Carretera Carapongo: 30.0%
- Arena Inhibidora < 0.15" - Carretera Escalibur: 13.0%
- Asf. - Cal hidratada: 2.0%
- Asf. - Polímero: 2.0%
- Asf. - Adhesivos: 2.0%
- Cemento Asfáltico: 2.0%

**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 I.P.N. N° 19031

**GODO QUISPÉ MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Tel: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

l.alor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com





MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

INFORME DE DISEÑO  
 DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE  
 MÉTODO MARSHALL (ASTM D 6926 / ASTM D 6927)

	1s	1b	1c	2a	2b	2c	3a	3b	3c	4a	4b	4c	5a	5b	5c
C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	4.5	4.5	4.5	5.0	5.0	5.0	5.5	5.5	5.5	6.0	6.0	6.0	6.5	6.5	6.5
AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 8	51.19	51.19	51.19	50.92	50.92	50.92	50.65	50.65	50.65	50.38	50.38	50.38	50.12	50.12	50.12
AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 8	42.40	42.40	42.40	42.18	42.18	42.18	41.96	41.96	41.96	41.74	41.74	41.74	41.51	41.51	41.51
FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	1.91	1.91	1.91	1.90	1.90	1.90	1.89	1.89	1.89	1.88	1.88	1.88	1.87	1.87	1.87
PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033	1.033
PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	2.692	2.692	2.692	2.692	2.692	2.692	2.692	2.692	2.692	2.692	2.692	2.692	2.692	2.692	2.692
PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690	2.690
PESO DE LA BRIQUETA EN AIRE	1217.9	1215.9	1220.4	1222.8	1211.5	1211.1	1215	1218	1215.7	1214.8	1215.9	1217.4	1216.3	1214.3	1208.6
PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	705.9	705.9	705.9	712.7	712.8	712.8	713.9	715.7	715.7	716.8	717.4	717.4	718.6	718.6	715.2
PESO DE LA BRIQUETA SATURADA SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	705.9	705.9	705.9	712.7	712.8	712.8	713.9	715.7	715.7	716.8	717.4	717.4	718.6	718.6	715.2
VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPACHAMIENTO	517.2	514.8	518.5	505.6	504.2	505.5	503.9	501.5	503.9	505.9	505.9	505.9	509.4	509.4	505.1
PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA	2.355	2.362	2.354	2.366	2.403	2.398	2.415	2.428	2.418	2.409	2.403	2.407	2.392	2.404	2.398
PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	2.564	2.564	2.584	2.547	2.547	2.547	2.517	2.517	2.517	2.500	2.500	2.500	2.492	2.492	2.492
VACÍOS ASTM D 3203	8.2	7.9	8.2	5.8	5.6	5.9	4.0	3.6	3.9	3.6	3.9	3.7	4.0	3.5	3.9
PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL	2.673	2.673	2.673	2.673	2.673	2.673	2.673	2.673	2.673	2.673	2.673	2.673	2.673	2.673	2.673
M.M.A	15.9	15.6	15.9	14.6	14.6	14.6	14.6	14.2	14.5	15.3	15.5	15.4	16.3	15.9	16.2
VACÍOS LLENOS CON C.A.	48.58	46.52	46.44	60.62	61.33	60.13	72.38	74.67	73.04	76.18	75.08	75.76	75.58	77.90	76.22
PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700	2.700
CALIDAD DEL AGREGADO TOTAL	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
CALIDAD ASFÁLTICO EFECTIVO	2.15	2.15	2.15	2.18	2.18	2.18	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15	2.15
FLUJO	1278	1234	1243	1312	1299	1308	1308	1312	1317	1321	1321	1321	1324	1324	1328
ESTABILIDAD SIN CORRER	1.00	1.00	1.00	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
FACTOR DE ESTABILIDAD	1278	1234	1243	1312	1299	1308	1308	1312	1317	1321	1321	1321	1324	1324	1328
ESTABILIDAD CORREGIDA	1278	1234	1243	1312	1299	1308	1308	1312	1317	1321	1321	1321	1324	1324	1328

Observaciones:

Cemento asfáltico PEN 85/100

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. MAESTRO Y MAESTRO EN O.C.  
 EXP. EN 1985

**GODO QUIJPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DITMA S.A.C.



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

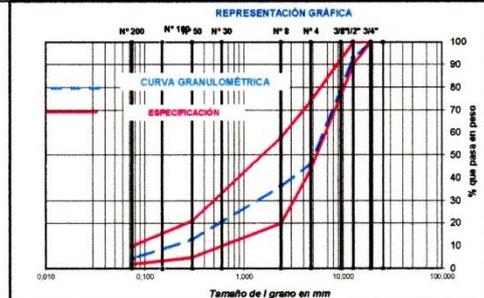
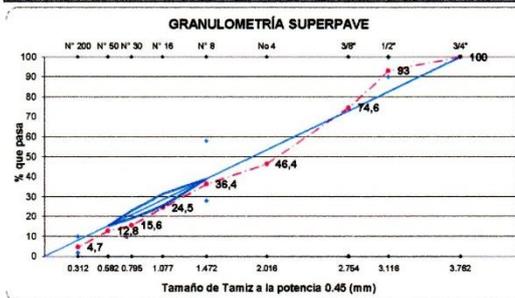
**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

OBRA : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO  
 TRAMO : LA OROYA - JAUJA  
 MATERIAL : Mezcla Asfáltica en Caliente  
 PROCEDENC : Planta de Asfalto Peaje Quiulisa  
 UBICACIÓN : Km 18+700 LD

TÉCNICO : G.Q.M.  
 ING. RESP. : M.L.L.  
 FECHA : 22/09/18  
 CERTIFICADO : D-01

Diseño C.A. 4.5%

ENSAYO GRANULOMÉTRICO											PROPORCIÓN DE AGREGADOS						
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200	<N°200	TAMIZ N° 8					
ABERTURA EN mm	19,050	12,700	9,525	4,760	2,360	1,180	0,600	0,300	0,150	0,075		AGREGADO GRUESO	%	53,6			
PESO RETENIDO	gr.	997,0	2631,0	4041,0	152,1	181,2	135,2	42,2	89,0	35,4	71,1	AGREGADO FINO	%	41,7			
RETENIDO PARCIAL	%	7,0	18,4	28,2	10,0	11,9	8,9	2,8	5,8	2,3	4,7	FILLER MINERAL	%	4,7			
RETENIDO ACUMULADO	%	7,0	25,4	53,6	63,8	75,5	84,4	87,2	93,0	95,3	100,0	TOTAL DE AGREGADOS	%	100,0			
PASA	%	100,0	93,0	74,8	46,4	36,4	24,5	15,6	12,8	7,0	4,7						
ESPECIFICACIÓN	%	100	90 - 100		44 - 74	20 - 58		5 - 21		2 - 10							
OBSERVACIONES:	Granulometría densamente graduada.											FRACCIÓN	%	706,2			
															PESO TOTAL	gr	14320,0



**ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559**

BRQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	4,59	4,50	4,50	4,5	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 8	%	51,19	51,19	51,19		
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 8	%	42,40	42,40	42,40		
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1,91	1,91	1,91		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE	gr/c.c.	1,033	1,033	1,033		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c.	2,692	2,692	2,692		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - APARENTE	gr/c.c.	2,757	2,757	2,757	2,724	
8 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c.	2,650	2,650	2,650		
9 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - APARENTE	gr/c.c.	2,696	2,696	2,696	2,673	
10 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE	gr/c.c.	2,300	2,300	2,300	2,300	
11 PESO DE LA BRIQUETA EN AIRE	gr	1217,9	1215,9	1220,4		
12 PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (gr)	gr	1223,1	1220,7	1224,4		
13 PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (gr)	gr	705,9	705,9	705,9		
14 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPLAZAMIENTO (12-13)	c.c.	517,2	514,8	518,5		
15 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (11/14)	gr/c.c.	2,355	2,382	2,354	2,357	
16 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c.	2,564	2,564	2,564		
17 VACIOS (16-15)*100/16	%	8,2	7,9	8,2	8,1	3 - 5
18 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (100-1)(3/8)+(2/6)+(4/10)	gr/c.c.	2,673	2,673	2,673		
19 PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL (100-1)(3/8)+(2/7)+(4/10)	gr/c.c.	2,728	2,728	2,728		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(15/16)	%	15,9	15,6	15,9	15,8	Min. 14
21 VACIOS LLENOS CON C.A. 100(20-17)/20	%	48,8	49,5	48,4	48,8	
22 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)(2/7)+(3/6)+(4/10)	gr/c.c.	2,700	2,700	2,700		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(5/22-16))/22*16	%	0,39	0,39	0,39		
24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23)/(2+3+4+100)	%	4,13	4,13	4,13		
25 LECTURA DEL FLEXIMETRO (0.001")	Pulg	10,00	10,00	10,00	10,0	8 - 14
26 FLUJO (25 / 100 * 25.4)	mm	2,5	2,5	2,5	2,5	2 - 4
27 ESTABILIDAD SIN CORRER	Kg	1278	1234	1243		
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1,00	1,00	1,00		
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (27 * 28)	Kg	1278	1234	1243	1252	Min. 815
30 ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/ton	5111	4938	4972	5007	1700 - 4000
31 RELACIÓN POLVO Tmáx 0.007mm/ASFALTO EFECTIVO	%				1,04	

OBSERVACIONES: La proporción para la fabricación de la M.A.C. es la siguiente:

- Grava Triturada < 3/4"-1/2" Cantera Carapongo 15,0%
- Gravilla Triturada < 1/2" Cantera Carapongo 40,0%
- Arena Triturada < 1/4" Cantera Carapongo 30,0%
- Arena Triturada < 3/16" Cantera Excaltur 13,0%
- Filler - Cal Hidratada 2,0%
- Aditivo mejorador de adherencia Zycotherm 0,07%
- Cemento Asfáltico

PEN 85/100

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A C

**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 19855

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Tel: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com

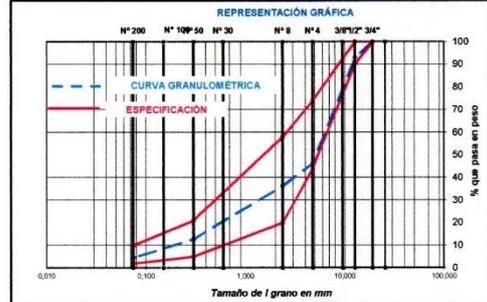
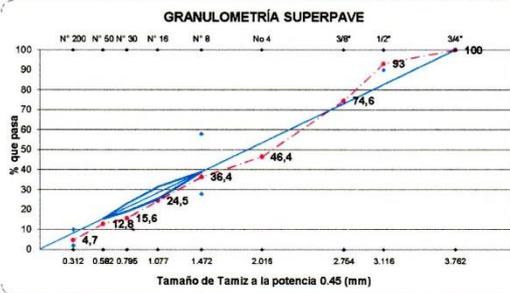


MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE	
<b>OBRA :</b> REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO <b>TRAMO :</b> LA OROYA - JAUJA <b>MATERIAL :</b> Mezcla Asfáltica en Caliente <b>PROCEDEC :</b> Planta de Asfalto Peaje Quililla <b>UBICACIÓN :</b> Km 18+700 LD	<b>TÉCNICO :</b> G.Q.M. <b>ING. RESP. :</b> M.L.L. <b>FECHA :</b> 22/09/18 <b>CERTIFICADO :</b> D-01

Diseño C.A. 5.0 %

ENSAYO GRANULOMÉTRICO											PROPORCIÓN DE AGREGADOS			
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 16	Nº 30	Nº 50	Nº 100	Nº 200	<Nº200	TAMIZ Nº 8		
ABERTURA EN mm	19,050	12,700	9,525	4,760	2,360	1,180	0,600	0,300	0,150	0,075		AGREGADO GRUESO	%	53,6
PESO RETENIDO	gr	897,0	2631,0	4041,0	152,1	191,2	135,2	42,2	69,0	35,4	71,1	AGREGADO FINO	%	41,7
RETENIDO PARCIAL	%		7,0	18,4	28,2	10,0	11,9	8,9	2,8	5,8	2,3	FILLER MINERAL	%	4,7
RETENIDO ACUMULADO	%		7,0	25,4	53,6	63,6	75,5	84,4	87,2	93,0	95,3	TOTAL DE AGREGADOS	%	100,0
PASA	%	100,0	93,0	74,6	46,4	36,4	24,5	15,6	12,8	7,0	4,7			
ESPECIFICACIÓN	%	100	90-100		44-74	20-58		5-21		2-10				
OBSERVACIONES:	Granulometría densamente graduada.											FRACCIÓN	%	706,2
												PESO TOTAL	gr	14320,0



**ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559**

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1	C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5,00	5,00	5,00	5,0
2	AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 8	%	50,92	50,92	50,92	
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 8	%	42,18	42,18	42,18	
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1,90	1,90	1,90	
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE	gr/c.c.	1,033	1,033	1,033	
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c.	2,692	2,692	2,692	
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - APARENTE	gr/c.c.	2,757	2,757	2,757	2,724
8	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c.	2,650	2,650	2,650	
9	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - APARENTE	gr/c.c.	2,696	2,696	2,696	2,673
10	PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE	gr/c.c.	2,300	2,300	2,300	2,300
11	PESO DE LA BRIQUETA EN AIRE	gr	1212,8	1211,5	1211,1	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (gr)	gr	1217,7	1216,6	1216,0	
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (gr)	gr	712,1	712,4	710,5	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-13)	c.c.	505,6	504,2	505,5	
15	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (11/14)	gr/c.c.	2,399	2,403	2,398	2,399
16	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c.	2,547	2,547	2,547	
17	VACIOS (16-15)/100*16	%	5,8	5,6	5,9	5,8
18	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (100-1)(3/8)+(2/6)+(4/10)	gr/c.c.	2,673	2,673	2,673	
19	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL (100-1)(3/8)+(2/7)+(4/10)	gr/c.c.	2,728	2,728	2,728	
20	V.M.A. 100-(2+3+4)/(15/18)	%	14,8	14,8	14,9	14,7
21	VACIOS LLENOS CON C.A. 100*(20-17)/20	%	60,6	61,3	60,1	60,7
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2/7)+(3/6)+(4/10)	gr/c.c.	2,700	2,700	2,700	
23	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(22-16))/(22*16)	%	0,39	0,39	0,39	
24	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(22*(2+3+4)/100)	%	4,63	4,63	4,63	
25	LECTURA DEL FLEXIMETRO (0.001")	Pulg	11,00	10,20	10,40	10,5
26	FLUJO (25 / 100 * 25.4)	mm	2,8	2,6	2,6	2,7
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1312	1299	1308	
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1,04	1,04	1,04	
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (27 * 26)	Kg	1365	1351	1360	1359
30	ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	4874	5197	5232	5101
31	RELACIÓN POLVO Tmáx 0,0074mm/ASFALTO EFECTIVO	%				0,94

OBSERVACIONES: La proporción para la fabricación de la M.A.C. es la siguiente:

- Grava Triturada < 3/4"-1/2" Cantero Carapongo 15,0%
- Gravilla Triturada < 1/2" Cantero Carapongo 40,0%
- Arena Triturada < 1/4" - Cantero Carapongo 30,0%
- Arena tñtrurada <3/16" - Cantero Excalibur 13,0%
- Filler - Cal Hidratada 2,0%
- Aditivo mejorador de adherencia Zycoterm 0,07%
- Cemento Asfáltico

PEN 85/100

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 79955

Calle Las Higuearas 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Tel: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
construcciones delheal sac  
www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

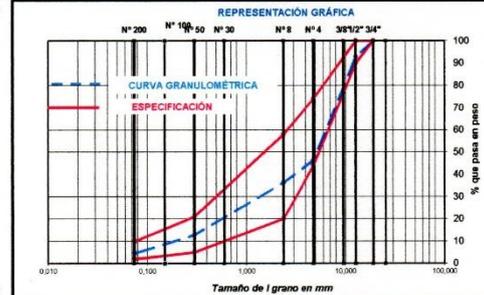
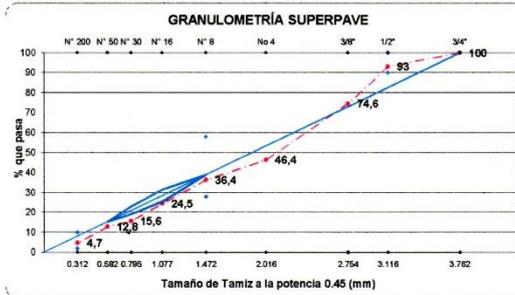
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

OBRA : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO TÉCNICO : G.Q.M.  
 TRAMO : LA OROYA - JAUJA ING. RESP. : M.L.L.  
 MATERIAL : Mezcla Asfáltica en Caliente FECHA : 22/09/18  
 PROCEDENC : Planta de Asfalto Peaje Quiulla CERTIFICADO : D-01  
 UBICACIÓN : Km 19+700 LD

Diseño C.A. 5.5 %

ENSAYO GRANULOMÉTRICO											PROPORCIÓN DE AGREGADOS				
TAMIZ ASTM		3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 16	Nº 30	Nº 50	Nº 100	Nº 200	<Nº200	TAMIZ Nº 8		
ABERTURA EN mm	gr	19,050	12,700	9,525	4,760	2,380	1,180	0,600	0,300	0,150	0,075		AGREGADO GRUESO	%	53,6
PESO RETENIDO			597,0	2631,0	4041,0	152,1	181,2	135,2	42,2	89,0	35,4	71,1	AGREGADO FINO	%	41,7
RETENIDO PARCIAL	%		7,0	18,4	28,2	10,0	11,9	8,9	2,8	5,8	2,3	4,7	FILLER MINERAL	%	4,7
RETENIDO ACUMULADO	%		7,0	25,4	53,6	63,6	75,5	84,4	87,2	93,0	95,3	100,0	TOTAL DE AGREGADOS	%	100,0
PASA	%	100,0	93,0	74,6	46,4	36,4	24,5	15,6	12,8	7,0	4,7	0,0			
ESPECIFICACIÓN	%	100	90-100		44-74	20-58		5-21			2-10				
OBSERVACIONES:	Granulometría densamente graduada											FRACCIÓN	%	706,2	
													PESO TOTAL	gr.	14320,0



**ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559**

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5,50	5,50	5,50	5,5	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 8	%	50,65	50,65	50,65		
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 8	%	41,96	41,96	41,96		
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1,89	1,89	1,89		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE	gr/c.c.	1,033	1,033	1,033		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c.	2,692	2,692	2,692		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - APARENTE	gr/c.c.	2,757	2,757	2,757	2,724	
8 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c.	2,650	2,650	2,650		
9 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - APARENTE	gr/c.c.	2,696	2,696	2,696	2,673	
10 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE	gr/c.c.	2,300	2,300	2,300	2,300	
11 PESO DE LA BRIQUETA EN AIRE	gr	1215,0	1215,0	1212,6		
12 PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (gr)	gr	1217,0	1214,9	1213,7		
13 PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (gr)	gr	713,9	714,8	712,2		
14 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-13)	c.c.	503,1	500,0	501,5		
15 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (11/14)	gr/c.c.	2,415	2,428	2,418	2,420	
16 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c.	2,517	2,517	2,517		
17 VACÍOS (16-15)/100/16	%	4,0	3,6	3,9	3,8	3 - 5
18 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (100-1)/((3/8)+(2/6)+(4/10))	gr/c.c.	2,673	2,673	2,673		
19 PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL (100-1)/((3/8)+(2/7)+(4/10))	gr/c.c.	2,728	2,728	2,728		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(15/18)	%	14,8	14,2	14,5	14,5	Min. 14
21 VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-17)/20	%	72,4	74,7	73,6	73,4	
22 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((2/7)+(3/8)+(4/10))	gr/c.c.	2,700	2,700	2,700		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(5*(22-18))/((22*18)))	%	0,39	0,39	0,39		
24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	5,13	5,13	5,13		
25 LECTURA DEL FLEXIMETRO (0,001")	Pulg	13,80	13,60	13,70	13,2	8 - 14
26 FLUJO (25 / 100 * 25.4)	mm	3,5	3,5	3,5	3,5	2 - 4
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1308	1312	1317		
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1,04	1,04	1,04		
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (27 * 28)	Kg	1360	1365	1369	1365	Min. 815
30 ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	3887	3899	3912	3899	1700 - 4000
31 RELACIÓN POLVO Tmáx 0.0074mm/ASFALTO EFECTIVO	%				0,85	

OBSERVACIONES: La proporción para la fabricación de la M.A.C. es la siguiente:

- Grava Triturada < 3/4"-1/2" Cantera Carapongo 15,0%
- Gravilla Triturada < 1/2" Cantera Carapongo 40,0%
- Arena Triturada < 1/4" Cantera Carapongo 30,0%
- Arena triturada < 3/16" Cantera Excelbur 13,0%
- Filler - Cal hidratada 2,0%
- Aditivo mejorador de adherencia Zycoterm 0,07%
- Cemento Asfáltico

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DENIAL S.A.C.

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 19955

Calle Las Higueiras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Tel: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

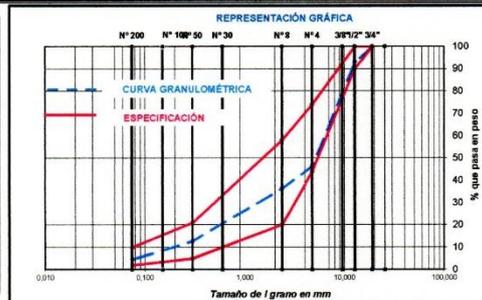
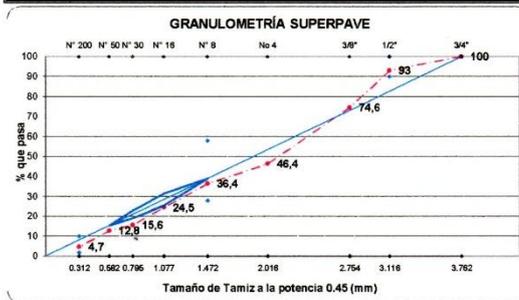
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE

OBRA : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO TÉCNICO : G.Q.M.  
 TRAMO : LA OROYA - JAUJA ING. RESP. : M.L.L.  
 MATERIAL : Mezcla Asfáltica en Caliente FECHA : 22/09/18  
 PROCEDENC : Planta de Asfalto Peaje Quiulla CERTIFICADO : D-01  
 UBICACIÓN : Km 18+700 LD

Diseño C.A. 6.0 %

ENSAYO GRANULOMÉTRICO											PROPORCIÓN DE AGREGADOS			
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200	<N°200	TAMIZ N° 8		
ABERTURA EN mm	19,050	12,700	9,525	4,760	2,360	1,180	600	300	150	75	37,5	AGREGADO GRUESO	%	53,6
PESO RETENIDO	gr	997,0	2631,0	4041,0	152,1	181,2	135,2	42,2	89,0	35,4	71,1	AGREGADO FINO	%	41,7
RETENIDO PARCIAL	%		7,0	18,4	28,2	10,0	11,9	8,9	2,8	5,8	2,3	FILLER MINERAL	%	4,7
RETENIDO ACUMULADO	%		7,0	25,4	53,6	63,6	75,5	84,4	87,2	93,0	95,3	TOTAL DE AGREGADOS	%	100,0
PASA	%	100,0	93,0	74,6	46,4	36,4	24,5	15,6	12,8	7,0	4,7			
ESPECIFICACIÓN	%	100	90 - 100		44 - 74	20 - 58		5 - 21		2 - 10				
OBSERVACIONES:	Granulometría densamente graduada.											FRACCIÓN	%	706,2
												PESO TOTAL	gr	14320,0



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6,00	6,00	6,00	6,0	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 8	%	50,38	50,38	50,38		
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 8	%	41,74	41,74	41,74		
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1,88	1,88	1,88		
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE	gr/c.c.	1,033	1,033	1,033		
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c.	2,892	2,892	2,892		
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - APARENTE	gr/c.c.	2,757	2,757	2,757	2,724	
8 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c.	2,850	2,850	2,850		
9 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - APARENTE	gr/c.c.	2,896	2,896	2,896	2,873	
10 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE	gr/c.c.	2,300	2,300	2,300	2,300	
11 PESO DE LA BRIQUETA EN AIRE	gr	1213,6	1215,9	1211,7		
12 PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (gr)	gr	1214,9	1217,4	1212,5		
13 PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (gr)	gr	710,9	711,5	709,1		
14 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-13)	c.c.	503,9	505,9	503,4		
15 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (11/14)	gr/c.c.	2,409	2,403	2,407	2,408	
16 PESO ESPECIFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c.	2,500	2,500	2,500		
17 VACÍOS (16-15)*100/16	%	3,6	3,9	3,7	3,7	3 - 5
18 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (100-1)/(3/8)+(2/6)+(4/10)	gr/c.c.	2,873	2,873	2,873		
19 PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL (100-1)/(3/8)+(2/7)+(4/10)	gr/c.c.	2,728	2,728	2,728		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)*(15/18)	%	15,3	15,5	15,4	15,4	Min. 14
21 VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-17)/20	%	76,2	75,1	75,8	75,7	
22 PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(27)+(3/9)+(4/10)	gr/c.c.	2,700	2,700	2,700		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(22-18)/(22*18)	%	0,39	0,39	0,39		
24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	5,64	5,64	5,64		
25 LECTURA DEL FLEXIMETRO (0.001")	Pulg	13,70	13,50	13,20	13,5	8 - 14
26 FLUJO (25 / 100 * 25,4)	mm	3,5	3,4	3,4	3,4	2 - 4
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1321	1330	1312		
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1,04	1,04	1,04		
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (27 * 28)	Kg	1374	1385	1365	1374	Min. 815
30 ESTABILIDAD FLUJO	Kg/cm	3925	4067	4014	4002	1700 - 4000
31 RELACIÓN POLVO Tmáx 0.0074mm/ASFALTO EFECTIVO	%				0,78	

OBSERVACIONES: La proporción para la fabricación de la M.A.C. es la siguiente:

- Grava Triturada < 3/4" - 1/2" Canteras Carapongo 15,0%
- Gravilla Triturada < 1/2" Canteras Carapongo 40,0%
- Arena Triturada < 1/4" Canteras Carapongo 30,0%
- Arena Triturada < 3/16" Canteras Escalbur 13,0%
- Filler - Cal Hidratada 2,0%
- Aditivo mejorador de adherencia Zycotechm 0,07%
- Cemento Asfáltico

PEN 85/100

**GODO QUIJPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.E.

**MANUEL LÓPEZ LABERÁN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Tel: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
construcciones delheal sac  
www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

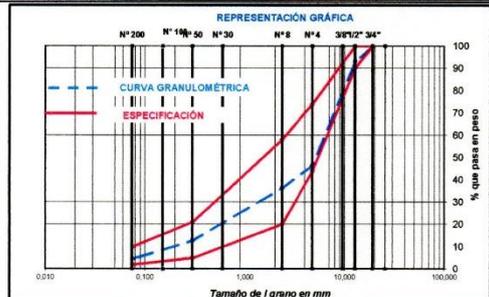
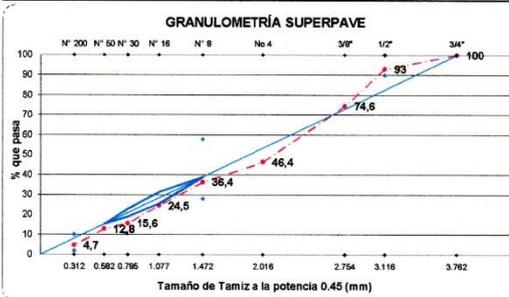
**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

OBRA : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO  
 TRAMO : LA OROYA - JAUJA  
 MATERIAL : Mezcla Asfáltica en Caliente  
 PROCEDENC : Planta de Asfalto Peaje Quiulua  
 UBICACIÓN : Km 18+700 LD

TÉCNICO : G.Q.M.  
 ING. RESP. : M.L.L.  
 FECHA : 22/09/18  
 CERTIFICADO : D-01

Diseño C.A. 6.5 %

ENSAYO GRANULOMÉTRICO											PROPORCIÓN DE AGREGADOS				
TAMIZ ASTM		3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200	<N°200	TAMIZ N° 8		
ABERTURA EN mm	gr.	18,050	12,700	9,525	4,760	2,380	1,190	0,600	0,300	0,150	0,075		AGREGADO GRUESO	%	
														53,6	
PESO RETENIDO			997,0	2631,0	4041,0	1521	181,2	135,2	42,2	89,0	35,4	71,1	AGREGADO FINO	%	
														41,7	
RETENIDO PARCIAL	%		7,0	18,4	28,2	10,0	11,9	8,9	2,8	5,8	2,3	4,7	FILLER MINERAL	%	
														4,7	
RETENIDO ACUMULADO	%		7,0	25,4	53,6	63,6	75,5	84,4	87,2	93,0	95,3	100,0	TOTAL DE AGREGADOS	%	
														100,0	
PASA	%	100,0	93,0	74,6	46,4	36,4	24,5	15,6	12,8	7,0	4,7	0,0			
ESPECIFICACIÓN	%	100	90 - 100		44 - 74	20 - 58			5 - 21						
OBSERVACIONES:	Granulometría densamente graduada.											FRACCIÓN	%		
														706,2	
														PESO TOTAL	14320,0



**ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559**

BRQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1	C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6,50	6,50	6,50	6,5
2	AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 8	%	50,12	50,12	50,12	
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 8	%	41,51	41,51	41,51	
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1,87	1,87	1,87	
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE	gr/c.c.	1,033	1,033	1,033	
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c.	2,692	2,692	2,692	
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - APARENTE	gr/c.c.	2,757	2,757	2,757	2,724
8	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c.	2,650	2,650	2,650	
9	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - APARENTE	gr/c.c.	2,696	2,696	2,696	2,673
10	PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE	gr/c.c.	2,300	2,300	2,300	2,300
11	PESO DE LA BRIQUETA EN AIRE	gr	1216,3	1214,3	1208,6	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (gr)	gr	1216,6	1215,2	1209,5	
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (gr)	gr	710,2	710,1	705,0	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-13)	c.c.	508,4	505,1	504,5	
15	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (11/14)	gr/c.c.	2,392	2,404	2,396	2,397
16	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c.	2,492	2,492	2,492	
17	VACÍOS (16-15)/100/16	%	4,0	3,5	3,9	3 - 5
18	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (100-1)/((3/6)+(2/6)+(4/10))	gr/c.c.	2,673	2,673	2,673	
19	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL (100-1)/((3/6)+(2/7)+(4/10))	gr/c.c.	2,728	2,728	2,728	
20	V.M.A. 100-(2+3+4)/(15/18)	%	16,3	15,9	16,2	Min. 14
21	VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-17)/20	%	75,6	77,9	76,2	76,6
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((2/7)+(3/6)+(4/10))	gr/c.c.	2,700	2,700	2,700	
23	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(5/22-18))/(22*18)	%	0,39	0,39	0,39	
24	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	6,14	6,14	6,14	
25	LECTURA DEL FLEXIMETRO (0.001")	Pulg	15,00	16,00	15,00	15,3
26	FLUJO (25 / 100 * 25,4)	mm	3,8	4,1	3,8	3,9
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1247	1312	1229	
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1,04	1,04	1,04	
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (27 * 28)	Kg	1297	1365	1275	1312
30	ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	3414	3329	3355	3366
31	RELACIÓN POLVO Tmáx 0.0074mm/ASFALTO EFECTIVO	%			0,72	

OBSERVACIONES: La proporción para la fabricación de la M.A.C. es la siguiente:

- Grava Triturada < 3/4"-1/2" Canteras Carapongo 15,0%
- Gravilla Triturada < 1/2" Canteras Carapongo 40,0%
- Arena Triturada < 1/4" Canteras Carapongo 30,0%
- Arena Triturada < 3/16" Canteras Escalbur 13,0%
- Filler - Cal hidratada 2,0%
- Aditivo mejorador de adherencia Zycotherm 0,07%
- Cemento Asfáltico

PEN 85/100

**GODO GUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.E.

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 10955

Calle Las Higueras 204 Urb. Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construccionesdelheal.sac  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)

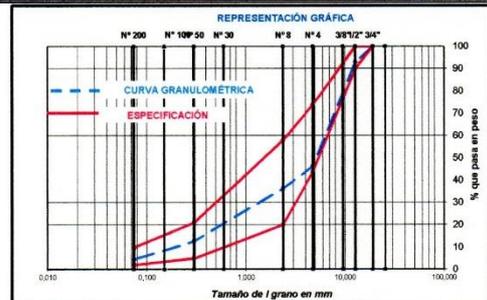
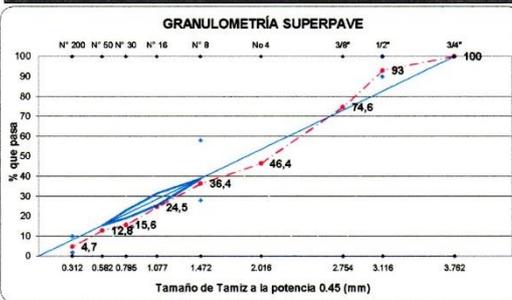


MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE	
OBRA : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO	TÉCNICO : G.C.M.
TRAMO : LA OROYA - JAUJA	ING. RESP. : M.L.L.
MATERIAL : Mezcla Asfáltica en Caliente	FECHA : 22/09/18
PROCEDENC : Planta de Asfalto Peaje Quiulla	CERTIFICADO : D-01
UBICACIÓN : Km 18+700 LD	

**Diseño C.A. 5.53% - ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO**

ENSAYO GRANULOMÉTRICO												PROPORCIÓN DE AGREGADOS						
TAMIZ ASTM	19,050	75	30	15	Nº 4	Nº 8	Nº 16	Nº 30	Nº 60	Nº 100	Nº 200	<Nº 200	TAMIZ Nº 8					
ABERTURA EN mm		75	30	15	4,760	2,360	1,180	600	300	150	75	4,75	AGREGADO GRUESO	%	53,6			
PESO RETENIDO	gr	997,0	2631,0	4041,0	152,1	181,2	135,2	42,2	89,0	35,4	71,1		AGREGADO FINO	%	41,7			
RETENIDO PARCIAL	%	7,0	18,4	28,2	10,0	11,9	8,9	2,8	5,8	2,3	4,7		FILLER MINERAL	%	4,7			
RETENIDO ACUMULADO	%	7,0	25,4	53,6	63,6	75,5	84,4	87,2	93,0	95,3	100,0		TOTAL DE AGREGADOS	%	100,0			
PASA	%	100,0	93,0	74,6	46,4	36,4	24,5	15,6	12,8	7,0	4,7	0,0						
ESPECIFICACIÓN	%	100	90 - 100		44 - 74	20 - 58			5 - 21		2 - 10							
OBSERVACIONES:	Granulometría densamente graduada.												FRACCIÓN	%	706,2			
																PESO TOTAL	gr.	14320,0



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559						
BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1	C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5,53	5,53	5,53	
2	AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 8	%	50,64	50,64	50,64	
3	AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 8	%	41,94	41,94	41,94	
4	FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1,89	1,89	1,89	
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE	gr/c.c.	1,033	1,033	1,033	
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c.	2,692	2,692	2,692	
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - APARENTE	gr/c.c.	2,757	2,757	2,757	2,724
8	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c.	2,650	2,650	2,650	
9	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - APARENTE	gr/c.c.	2,696	2,696	2,696	2,673
10	PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE	gr/c.c.	2,300	2,300	2,300	2,300
11	PESO DE LA BRIQUETA EN AIRE	gr	1219,6	1219,4	1215,2	
12	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (gr)	gr	1220,4	1220,3	1216,4	
13	PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (gr)	gr	717,9	717,4	714,9	
14	VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-13)	c.c.	502,5	502,9	501,5	
15	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (11/14)	gr/c.c.	2,427	2,425	2,423	2,425
16	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c.	2,521	2,521	2,521	
17	VACÍOS (16-15)/100/16	%	3,7	3,8	3,8	3 - 5
18	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (100-1)/(3/8)+(2/6)+(4/10)	gr/c.c.	2,673	2,673	2,673	
19	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL (100-1)/(3/8)+(2/7)+(4/10)	gr/c.c.	2,728	2,728	2,728	
20	V.M.A. 100-(2+3+4)/(15/18)	%	14,2	14,3	14,4	14,3
21	VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-17)/20	%	73,8	73,3	73,0	73,4
22	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2/7)+(3/8)+(4/10)	gr/c.c.	2,700	2,700	2,700	
23	C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(5-(22-18))/(22*18)	%	0,39	0,39	0,39	
24	CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	5,16	5,16	5,16	
25	LECTURA DEL FLEXIMETRO (0.001")	Pulg	13,90	13,80	13,90	13,8
26	FLUJO (25 / 100 * 25.4)	mm	3,5	3,5	3,5	3,5
27	ESTABILIDAD SIN CORRREGIR	Kg	1320	1212	1233	
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1,04	1,04	1,04	
29	ESTABILIDAD CORRREGIDA (27 * 28)	Kg	1373	1280	1282	1305
30	ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	3622	3601	3684	3729
31	RELACIÓN POLVO Tmáx 0.0074mm/ASFALTO EFECTIVO	%			0,85	1700 - 4000

OBSERVACIONES: La proporción para la fabricación de la M.A.C. es la siguiente:

Grava Triturada < 3/4" - 1/2" Cantera Carapongo	15,0%
Gravilla Triturada < 1/2" Cantera Carapongo	40,0%
Arena Triturada < 1/4" - Cantera Carapongo	30,0%
Arena tñtrurada < 3/16" - Cantera Excalibur	13,0%
Filler - Cal Hidratada	2,0%
Aditivo mejorador de adherencia Zycotherm	0,07%
Cemento Asfáltico	PEN 85/100

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 INDI S.A.C.

**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 19955

Calle Las Higuieras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Perú

TEL: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
construcciones delheal sac  
www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**  
**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO	<b>TÉCNICO</b> : G.Q.M.
<b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA	<b>ING. RESP.</b> : M.L.L.
<b>MATERIAL</b> : Mezcla Asfáltica en Caliente	<b>FECHA</b> : 22/09/2018
<b>PROCEDENC.</b> : Planta de Asfalto Peaje Quiulla	<b>CERTIFICADO</b> : D-01
<b>UBICACIÓN</b> : Km 18+700 LD	

**DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA (RICE)**  
**MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209**

ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5	Óptimo
Cemento Asfáltico	%	4,50	5,00	5,50	6,00	6,50	<b>5,53</b>
Peso del material (Pm)	gr	1500,00	1500,00	1500,00	1500,00	1500,00	1500,00
Peso del agua + frasco Rice	gr	7617,00	7617,00	7617,00	7617,00	7617,00	7402,00
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	9117,00	9117,00	9117,00	9117,00	9117,00	8902,00
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	8532,00	8528,00	8521,00	8517,00	8515,00	8307,00
Volumen del material (Vm)	cc	585,00	589,00	596,00	600,00	602,00	595,00
Peso Específico Máximo	gr/cc	<b>2,564</b>	<b>2,547</b>	<b>2,517</b>	<b>2,500</b>	<b>2,492</b>	<b>2,521</b>
Temperatura de ensayo	°C	25	25	25	25	25	25
Grava Triturada < 3/4"-1/2" Cantera Carapongo	%	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0	15,0
Gravilla Triturada < 1/2" Cantera Carapongo	%	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0	40,0
Arena Triturada < 1/4" - Cantera Carapongo	%	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0	30,0
Arena triturada < 3/16" - Cantera Excalibur	%	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0	13,0
Filler - Cal hidratada	%	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Aditivo mejorador de adherencia Zycotherm	%	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Tiempo de ensayo	Min.	15'	15'	15'	15'	15'	15'

**Observaciones:**

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

  
**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 19955

 Calle Las Higueras 204 Urb. Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

 Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

 ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**  
**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IRSR CENTRO	<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M.
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAUJA	<b>ING. RESP.</b>	: M.L.L.
<b>MATERIAL</b>	: Mezcla Asfáltica en Caliente	<b>FECHA</b>	: 22/09/18
<b>PROCEDENC.</b>	: Planta de Asfalto Peaje Quiulla	<b>CERTIFICADO</b>	: D-01
<b>UBICACIÓN</b>	: Km 18+700 LD		

**ESTABILIDAD RETENIDA e ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD EN MEZCLAS ASFÁLTICAS**

ESTABILIDAD RETENIDA										
BRIQUETA	Nº	1	2	3	PROMEDIO ESTABILIDAD A LOS 30 MINUTOS	1	2	3	PROMEDIO ESTABILIDAD A LAS 24 HORAS	
Golpes	Nº	75	75	75		75	75	75		
Cemento asfáltico	%	5,53	5,53	5,53		5,53	5,53	5,53		
Peso de la briqueta al aire	gr	1222,3	1220,5	1221,4		1218,6	1219,1	1220,2		
Peso de la briqueta	gr	1223,6	1222,5	1222,7		1220,4	1221,6	1222,7		
Peso de briqueta -	gr	695,7	695,4	694,8		692,5	695,9	695,8		
Volumen de la briqueta	cc	527,9	527,1	527,9		527,9	525,7	526,9		
Peso de la parafina	gr	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0		
Volumen de la parafina	cc	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0		
Volumen de la briqueta	cc	527,9	527,1	527,9		527,9	525,7	526,9		
Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	2,315	2,315	2,314		2,308	2,319	2,316		
Flujo	mm	3,70	3,70	3,80	3,7	3,30	3,30	3,30	3,3	
Estabilidad sin corregir	kg	1121	1129	1121		834	952	956		
Factor de corrección		0,96	0,96	0,96		0,96	1,00	0,96		
Estabilidad corregida	kg	1076	1084	1076	1079	801	952	918	890	
<b>ESTABILIDAD CORREGIDA</b>	<b>%</b>									<b>82,5</b>

ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD										
BRIQUETA	Nº	1	2	3	PROMEDIO	1a	2a	3a	PROMEDIO	
Golpes	Nº	50	50	50		5	5	5		
Cemento Asfáltico	%	5,53	5,53	5,53		5,53	5,53	5,53		
Peso de la briqueta al aire	gr	1224,5	1225,4	1223,5		1221,1	1219,7	1220,5		
Peso de la briqueta	gr	1226,3	1224,5	1225,4		1231,3	1232,7	1234,2		
Peso de la briqueta	gr	720,2	717,7	717,3		686,7	687,9	687,7		
Volumen de la briqueta	cc	506,1	506,8	508,1		544,6	544,8	546,5		
Peso de la parafina	gr	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0		
Volumen de la parafina	cc	0,0	0,0	0,0		0,0	0,0	0,0		
Volumen de la briqueta	cc	506,1	506,8	508,1		544,6	544,8	546,5		
Peso específico Bulk de la briqueta	gr/cc	2,419	2,418	2,408	2,415	2,242	2,239	2,233	2,238	
<b>ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD</b>	<b>%</b>									<b>6,65</b>

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 19955

Calle Las Higueras 204 Urb. Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf.: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**  
**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

ENSAYO DE GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN DE LOS AGREGADOS			
MTC E-206- 2000,			
ASTM C- 127, AASHTO T-85			
OBRA :	REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO	TECNICO:	G.Q.M.
TRAMO :	LA OROYA - JAUJA	ING. RESP.:	M.L.L.
MATERIAL :	Mezcla Asfáltica en Caliente	FECHA:	22/09/2018
PROCEDENC. :	Planta de Asfalto Peaje Quiulla	CERTIFICADO:	D-01
UBICACIÓN :	Km 18+700 LD		

AGREGADO GRUESO					
AASHTO T- 85					
CANTERA		IDENTIFICACION			Promedio
		1	2	3	
Peso mat. Sat. Superf. Seco (en aire)	(gr.)	1500,30	1500,20	1500,20	
Peso mat. Sat. Superf. Seco (en agua)	(gr.)	947,90	947,70	947,60	
Volumen de masa+volumen de vacios	(cm3)	552,40	552,50	552,60	
Peso de material seco (105°C)	(gr.)	1487,20	1486,70	1487,80	
Volumen de masa	(cm3)	539,30	539,00	540,20	
Peso Bulk (base seca)	(Kg/m3)	2692	2691	2692	2692
Peso Bulk (base saturada)	(Kg/m3)	2716	2715	2715	2715
Peso aparente (base seca)	(Kg/m3)	2758	2758	2754	2757
Porcentaje de absorción	(%)	0,88	0,91	0,83	0,87

AGREGADO FINO					
AASHTO T- 84					
CANTERA		IDENTIFICACION			Promedio
		1	2	3	
Peso mat. Sat. Superf. Seco (en aire)	(gr.)	500,0	500,0	500,0	
Peso frasco + agua (25°C)	(gr.)	646,1	645,9	646,0	
Peso de frasco + agua (25°C) + Peso mat. Sat. Sup. Seco	(gr.)	1146,1	1145,9	1146,0	
Peso de (mat. Sat. Superf. Seco + agua en el frasco)	(gr.)	958,5	958,4	958,7	
Volumen de la masa + volumen de vacios	(cm3)	187,6	187,5	187,3	
Peso de material seco (105°C)	(gr.)	496,8	496,8	496,8	
Volumen de masa	(cm3)	184,4	184,3	184,1	
Peso Bulk (base seca)	(Kg/m3)	2648	2650	2652	2650
Peso Bulk (base saturada)	(Kg/m3)	2665	2667	2670	2667
Peso aparente (base seca)	(Kg/m3)	2694	2696	2699	2696
Porcentaje de absorción	(%)	0,64	0,64	0,64	0,64

MATERIAL : DE LA MEZCLA FÍSICA DEL DISEÑO.

**GODO QUISPE MONROY**  
TECNICO DE LABORATORIO  
DELHEAL S A C

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP Nº 19955

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680

[iaior@delheal.com](mailto:iaior@delheal.com)  
 [construcciones delheal sac](https://www.facebook.com/construccionesdelhealsac)  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**  
**DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

**ADHESIVIDAD DE LOS LIGANTES BITUMINOSOS A LOS ARIDOS FINOS**  
**(PROCEDIMIENTO RIEDEL WEBER)**  
**MTC E 220**

<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO	<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M.
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAUJA	<b>ING° RESP.</b>	: M.L.L
<b>MATERIAL</b>	: Mezcla Asfáltica en Caliente	<b>HECHO POR</b>	: G.Q.M.
<b>MUESTRA</b>	: MEZCLA DE ARENAS	<b>FECHA</b>	: 22/09/2018
<b>CANTERA</b>	: Carapongo / Excalibur		

**ENSAYO RIEDEL WEBER**

Muestra	PEN 85/100 + AGREGADO FINO			Especificación
Concentración Molar	Desprendimiento			
0	-	/		-
1	-			-
2	-			-
3	-			-
4	-			PARCIAL
5	-			
6	-			
7	PARCIAL			
8	TOTAL			
9	TOTAL			
10	TOTAL			

**MUESTRA:**  
 CEMENTO ASFÁLTICO PEN 85/100 CON 0,07% DE ADITIVO ZYCOTHERM + AGREGADO FINO

**Observaciones:**

Del ensayo se deduce que: a una concentración molar de 9 el agregado ya presenta desprendimiento regular del ligante asfáltico, y con concentración de 10 el desprendimiento es total; en conclusión el árido y el ligante asfáltico muestran afinidad dando lugar a una excelente adhesividad.

*[Signature]*  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

*[Signature]*  
**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING° SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP No. 19905

Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>							
<b>DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE</b>							
<b>ADEHERENCIA DEL AGREGADO GRUESO</b>							
<b>MTC E-521</b>							
<b>OBRA</b> : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO  <b>TRAMO</b> : LA OROYA - JAUJA <b>MATERIAL</b> : Mezcla Asfáltica en Caliente <b>MUESTRA</b> : MEZCLA DE AGREGADOS GRUESOS <b>CANTERA</b> : Carapongo	<b>TÉCNICO</b> : G.Q.M. <b>ING. RESP.</b> : M.L.L. <b>HECHO POR</b> : G.Q.M. <b>FECHA</b> : 22/09/2018						
DATOS DE LA MUESTRA							
<b>MUESTRA</b> : MEZCLA DE AGREGADOS GRUESOS <b>TIPO DE PRODUCTO</b> : CEMENTO ASFÁLTICO PEN 85/100 (ADITIVADO CON 0,07% DE ADITIVO ZYCOTHERM)							
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Ensayo</th> <th style="width: 33%;">Resultado</th> <th style="width: 33%;">Especificación</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">Adherencia, MTC E 521</td> <td style="text-align: center;">+95%</td> <td style="text-align: center;">+95%</td> </tr> </tbody> </table>		Ensayo	Resultado	Especificación	Adherencia, MTC E 521	+95%	+95%
Ensayo	Resultado	Especificación					
Adherencia, MTC E 521	+95%	+95%					
<b>Observaciones :</b> El resultado de adherencia es mayor al especificado de 95%. Por lo tanto el CEMENTO ASFÁLTICO PEN 85/100, presenta excelente afinidad con el agregado grueso.							
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">   <b>GODO QUISPE MONROY</b>  <small>TECNICO DE LABORATORIO DELHEAL S A C</small> </div> <div style="text-align: center;">   <b>MANUEL LOPEZ LABERIAN</b>  <small>ING. SUELOS Y PAVIMENTOS CIP N° 19955</small> </div> </div>							



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE**

**EQUIVALENTE DE ARENA  
MTC E 114 - ASTM D 2419 - AASHTO T-176**

<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO	<b>TÉCNICO</b>	: G.Q.M.
<b>TRAMO</b>	: LA CROYA - JALUA	<b>ING° RESP.</b>	: M.L.L.
<b>MATERIAL</b>	: Mezcla de Arenas para asfalto (Agregado fino)	<b>HECHO POR</b>	: G.Q.M.
<b>MUESTRA</b>	: M-1	<b>FECHA</b>	: 22/09/2018
<b>CANTERA</b>	: Carapongo / Excalibur		

MUESTRA: M-1		IDENTIFICACIÓN			
		1	2	3	4
Hora de entrada a saturación	hh:mm	08:33	08:35	08:37	
Hora de salida de saturación (más 10')	hh:mm	08:43	08:45	08:47	
Hora de entrada a decantación	hh:mm	08:45	08:47	08:49	
Hora de salida de decantación (más 20')	hh:mm	09:05	09:07	09:09	
Altura máxima de material fino	Pulg.	4,80	4,80	4,90	
Altura máxima de la arena	Pulg.	3,50	3,50	3,50	
Equivalente de arena	%	73	73	72	
Equivalente de arena promedio	%	72,7			
Resultado equivalente de arena	%	73			
Observaciones:					

*[Signature]*  
**GODO QUISPE MONROY**  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
DISEÑOS A.C.

*[Signature]*  
**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
ING SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP Nº 10955



Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Perú



Telf.: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680



ialor@delheal.com  
f construcciones delheal sac  
www.construccionesdelheal.com

## **ANEXO G**

# **FORMATO DE REGISTRO Y CONTROL DE TEMPERATURA Y COLOCACIÓN**





## CONTROL DE COLOCACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE EN PISTA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**OBRA:** Rehabilitación y Mantenimiento de la carretera Central IIRSA CENTRO  
**TRAMO:** La Croya - Jauja  
**MATERIAL:** Mezcla Asfáltica en Caliente - Producción N° 0001  
**PROCEDENC.:** Planta Industrial Peaje km 18+700 Lado derecho  
**TRAMO ASFALTADO:** 45+800 al 46+000 Izquierdo 2° Capa (capa de rodadura)

**REGISTRO:** P-0001  
**TÉCNICO:** G.Q.M.  
**ING° RESP.:** M.L.L.  
**FECHA:** 07/11/2018

N°	Datos del Camión Volquete					Temperatura (°C) y Compactación										Progresiva		Dimensiones de la carpeta			Carril	Observaciones	
	Llegada a Pista (hrs)	Hora de inicio	Hora de término	Placa N°	Capacidad (m3)	En Planta	Llegada a Pista	T° entrada rodillo liso	N° Pasadas	Amplitud	T° entrada rodillo neumático	N° Pasadas	T° final de rodillado	N° Pasadas	T° Ambiental	Inicio	Final	Longitud (m)	Ancho (m)	Espesor (m)			
1	08:12	08:57	09:03	DOG-927	15,0	150 °C	148°C	145°C	2 Altas 2 Bajas	3 000 - 3 200 VPM 3 000 - 3 400 VPM	113°C	4	80°C	3	17°C	45+800	45+860	60,0	3,40	0,066	1		
2	08:41	09:09	09:15	B7P-761	15,0	150 °C	147°C	145°C	2 Altas 2 Bajas	3 000 - 3 200 VPM 3 000 - 3 400 VPM	112°C	4	88°C	3	18°C	45+860	45+930	70,0	3,41	0,066	1		
3	08:53	09:18	09:24	D8W-738	15,0	150°C	148°C	145°C	2 Altas 2 Bajas	3 000 - 3 200 VPM 3 000 - 3 400 VPM	112°C	4	77°C	3	18°C	45+930	46+000	70,0	3,41	0,066	1		
<b>PROMEDIO</b>						150	148	145			113		83		18			200,0					

**OBSERVACIONES:** Mezcla producida con agregados de cantera Carapongo y cantera Excalibur, de acuerdo a los porcentajes del Diseño Marshall con granulometría SUPERPAVE.

  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955

  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A E



## **ANEXO H**

# **ENSAYO DE EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS Y ANÁLISIS MECÁNICO DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS EN MEZCLAS**



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

EXTRACCIÓN CUANTITATIVA DE ASFALTO EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS Y ANÁLISIS MECÁNICO DE LOS AGREGADOS EXTRAÍDOS DE LAS MEZCLAS

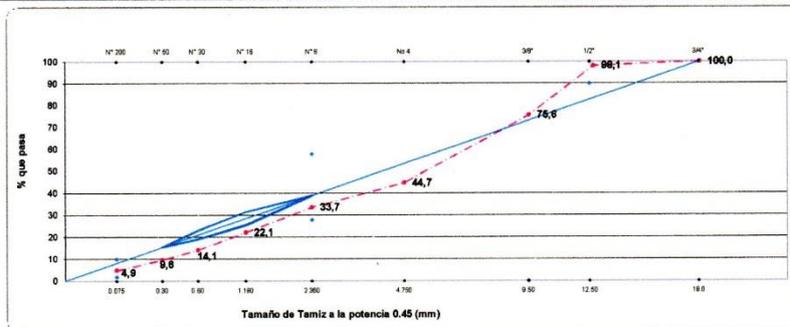
MTC E-602 - ASTM D-2172 - AASHTO T-164

MTC E-603 - ASTM D-546 - MTC E-204 - ASTM D-422 - AASHTO T-30 - AASHTO T 88

OBRA	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IRISA CENTRO	TÉCNICO	: G.O.M.
TRAMO	: LA OROYA - JALUJA	ING° RESP.	: M.L.L.
SECTOR	: km 45+800 al km 48+000 Carril Izquierdo	FECHA DE ENSAYO	: 07/11/2018
MATERIAL	: MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON GRANULOMETRÍA SUPERPAVE	CERTIFICADO	: LA-001

RESULTADOS DEL LAVADO #1 (PRODUCCIÓN)

TAMIZ ASTM	Abertura mm	PESO retenido	PORCENTAJE			Puntos de Control Min Max		Zona de Restricción Min Max		DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA TAMAÑO MÁXIMO 3/4"
			retenido	acumulado	que pasa	Min	Max	Min	Max	
3"	76,200									Horas de lavado: 06:25 a.m.
2 1/2"	63,500									Peso de material sin lavar: 1405,0 gr
2"	50,800									Peso de material lavado: 1325,8 gr
1 1/2"	38,100									Peso mat.lav.+filtro+extracto: 1406,8 gr
1"	25,400									Peso del asfalto: -1,9 gr
3/4"	19,050	0,0	0,0	100,0	100,0	100,0				Peso inicial del filtro: 19,3 gr
1/2"	12,700	25,8	1,9	98,1	98,1	100,0				Peso final del filtro: 21,2 gr
3/8"	9,525	298,5	22,5	75,6						Peso del filler en filtro: 1,9 gr
Nº4	4,760	409,3	30,9	44,7						Peso del asfalto: 79,2 gr
Nº8	2,360	145,9	11,0	33,7	28,0	58,0	38,1	39,1		Contenido de asfalto: 5,84 %
Nº10	2,000									
Nº18	1,180	153,7	11,6	22,1			25,6	31,6		
Nº30	0,800	105,5	8,0	14,1			18,1	23,1		Porcentaje de agregados en la granulometría tenemos:
Nº40	0,420									Porcentaje de grava = 55,3 %
Nº50	0,300	60,3	4,5	9,6			15,5	15,5		Porcentaje de arena = 39,8 %
Nº80	0,177									Porcentaje de fino = 4,9 %
Nº100	0,150	38,3	2,9	6,7						OBSERVACIONES:
Nº200	0,075	23,7	1,8	4,9	2,0	10,0				
< 200		65,0	4,9	100,0	0,0					



*[Signature]*  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A C

*[Signature]*  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING SUELOS Y PAVIMENTOS  
 SEP PP 19955

Calle Las Higuieras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf.: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com

**ANEXO I**

**RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHALL**  
**(PRODUCCIÓN)**



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

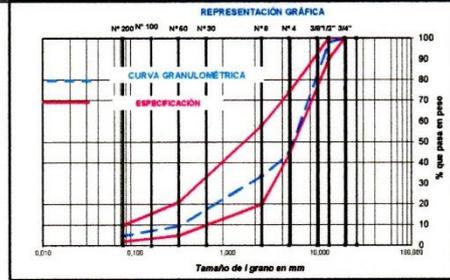
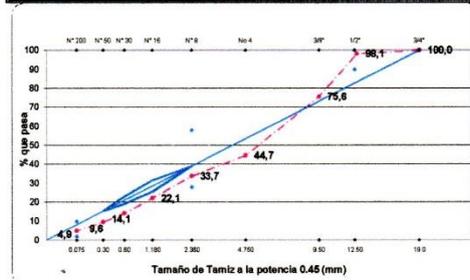
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

**ENSAYO MARSHALL (PRODUCCION)**

MTC E-504 ASTM D-1559

OBRA : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IRSA CENTRO	TÉCNICO : G.Q.M.
TRAMO : LA OROYA - JAUJA SECTOR: km 45+800 al km 46+000 Carril izquierdo	ING. RESP. : M.L.L.
MATERIAL : MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON GRANULOMETRÍA SUPERPAVE	FECHA : 07/11/2018
PROCEDENC : Planta de Asfalto Peaje Gullulla	CERTIFICADO : EM-001
UBICACIÓN : Km 19+700 LD	

ENSAYO GRANULOMÉTRICO											RESULTADOS			
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	Nº 16	Nº 30	Nº 50	Nº 100	Nº 200	<Nº 200	Porcentaje de arena	%	55.3
ABERTURA EN mm	19,050	12,700	9,525	4,750	2,360	1,180	0,600	0,300	0,150	0,075		Porcentaje de arena	%	39,8
PESO RETENIDO	gr	0,0	29,5	209,5	439,3	145,9	153,7	89,3	39,3	23,7		Porcentaje de fin	%	4,9
RETENIDO PARCIAL	%	0,0	1,9	22,5	30,8	11,0	11,6	8,0	4,5	2,9	1,8	Total de Agregados	%	100,0
RETENIDO ACUMULADO	%	0,0	1,9	24,4	55,3	66,3	77,9	85,9	90,4	93,3	95,1	Peso de material en base	%	1405,00
PASA	%	100,0	98,1	75,6	44,7	33,7	22,1	14,1	9,6	6,7	4,6	Peso de material lavado	%	1325,86
ESPECIFICACIÓN	%	100	90 - 100		44 - 74	20 - 58		5 - 21		2 - 10		Contenido de asfalto	%	5,64
OBSERVACIONES:	Granulometría densamente graduada											PESO TOTAL	gr	1325,8



RESULTADOS DEL ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFIC.
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5,84	5,64	5,64	5,84	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA - Nº 8	%	52,18	52,18	52,18		
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA - Nº 8	%	40,29	40,29	40,29		
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1,89	1,89	1,89		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO APARENTE	gr/c.c.	1,033	1,033	1,033		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	gr/c.c.	2,692	2,692	2,692		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - APARENTE	gr/c.c.	2,757	2,757	2,757	2,724	
8 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	gr/c.c.	2,650	2,650	2,650		
9 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - APARENTE	gr/c.c.	2,696	2,696	2,696	2,673	
10 PESO ESPECÍFICO FILLER - APARENTE	gr/c.c.	2,300	2,300	2,300	2,300	
11 PESO DE LA BRIQUETA EN AIRE	gr	1218,4	1217,5	1218,6		
12 PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE (gr)	gr	1221,3	1219,4	1221,1		
13 PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA (gr)	gr	715,7	714,2	714,9		
14 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPLAZAMIENTO (12-13)	c.c.	505,6	505,2	506,2		
15 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (11/14)	gr/c.c.	2,412	2,419	2,409	2,410	
16 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO ASTM D-2041	gr/c.c.	2,517	2,517	2,517		
17 VACÍOS (16-15)*100/16	%	4,2	4,2	4,3	4,2	3 - 5
18 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (100-1)/(3/8)+(2/8)+(4/10)	gr/c.c.	2,674	2,674	2,674		
19 PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL (100-1)/(3/8)+(2/7)+(4/10)	gr/c.c.	2,729	2,729	2,729		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)*(15/18)	%	14,9	15,0	15,0	14,9	Mín. 14
21 VACÍOS LLENOS CON C.A. 100*(20-17)/20	%	72,0	71,6	71,5	71,7	
22 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2/7)+(3/8)+(4/10)	gr/c.c.	2,701	2,701	2,701		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(22-18))/(22*18)	%	0,39	0,39	0,39		
24 CEMENTO ASFÁLTICO EFECTIVO 1-(23)*(2+3+4)/100	%	5,27	5,27	5,27		
25 LECTURA DEL FLEXIMETRO ( 0,001" )	Pulg	13,00	12,80	13,00	12,9	8 - 14
26 FLUJO (25 / 100 * 25,4)	mm	3,3	3,3	3,3	3,3	2 - 4
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1132	1132	1132		
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1,04	1,04	1,04		
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (27 * 28)	Kg	1177	1167	1172	1171	Mín. 815
30 ESTABILIDAD-FLUJO	Kg/cm	3568	3536	3545	3550	1790 - 4068
31 RELACIÓN POLVO Trazo 0,0075mm/ASFALTO EFECTIVO	%				0,87	

OBSERVACIONES: Los valores corregidos del diseño para la fabricación de la M.A.C. es la siguiente:

Grava Triturada < 3/4"-1/2" Cantera Carapongo	14,17
Gravilla Triturada < 1/2" Cantera Carapongo	37,79
Arena Triturada < 1/4" - Cantera Carapongo	26,34
Arena Triturada < 3/16" - Cantera Escalbur	12,28
Filler - Cal Hidratada	1,88
Cemento Asfáltico	5,63
Aditivo mejorador de adherencia Zycoterm	0,07

**GODO GUISPE MONROY**  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
DELHEAL S.A.C.

**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP Nº 19915

Calle Las Higuieras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
construcciones delheal sac  
www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS			
<b>DENSIDAD MÁXIMA TEÓRICA RICE</b>			
MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209			
<b>OBRA</b>	: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO	<b>TÉCNICO</b>	: G. Q. M.
<b>TRAMO</b>	: LA OROYA - JAUJA	<b>ING° RESP.</b>	: M. L. L.
<b>MATERIAL</b>	: MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON GRANULOMETRÍA SUPERPAVE	<b>FECHA</b>	: 07/11/2018
<b>PROCEDENC.</b>	: Planta de Asfalto Peaje Quiulla	<b>CERTIFICADO</b>	: EM-001
<b>UBICACIÓN</b>	: Km 18+700 LD		
<b>SECTOR</b>	: km 45+800 al km 46+000 Carril Izquierdo		

**MEZCLA ASFÁLTICA (PRODUCCIÓN)**

ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5
Cemento Asfáltico	%	5,64				
Peso del material	gr	1500,0				
Peso del agua + frasco Rice	gr	7403,0				
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	8903,0				
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	8307,0				
Volumen del material	cc	596,0				
Peso Especifico Máximo	gr/cc	2,517				
Temperatura de ensayo	°C	25,0				
Grava Triturada < 3/4"-1/2"	Cantera Carapongo %	15,0				
Gravilla Triturada < 1/2"-1/4"	Cantera Carapongo %	40,0				
Arena Triturada < 3/16"	Cantera Carapongo %	30,0				
Arena Triturada < 1/4" - 3/16"	Cantera Excalibur %	13,0				
Filler Cal Hidratada	Minera Calcareo %	2,0				
Aditivo mejorador de adherencia	Zycotherm %	0,07				
Tiempo de ensayo	Min.	15'				
PESO ASFALTO PEN 60/70 EN MUESTRA	gr	84,56				

**Observaciones:** Producción con valores corregidos:  
Grava Triturada < 3/4" - 1/2" = 14,17%; Gravilla Triturada < 1/2" = 37,79% (Cantera Carapongo)  
Arena Triturada < 1/4" - Cantera Carapongo = 28,34%, Arena Triturada < 3/16" - Cantera Excalibur = 12,28%  
Filler Cal hidratada = 1,89% y óptimo de Cemento Asfáltico PEN 85/100 = 5,53%.

  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

  
**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 19955

 Calle Las Higueras 204 Urb. Montezemolo  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

 Telf: (511) 314 5969  
 RPPM: 942 421 745 / 944 390 4958  
 RPPM: 942 421 7565 / 944 390 4980

 [info@delheal.com](mailto:info@delheal.com)  
 [construcciondelheal](https://www.facebook.com/construcciondelheal)  
[www.construcciondelheal.com](http://www.construcciondelheal.com)

## **ANEXO J**

# **RESULTADOS DEL ENSAYO LOTTMAN**



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS											
OBRA TRAMO	REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO LA OROYA - JAUJA						Tec. Lab. ING. RE:	G.Q.M. M.L.L.			
MATERIAL	Mezcla Asfáltica en Caliente						% C.A.	5,53%			
PROCEDENC. UBICACIÓN	Planta de Asfalto Peaje Quiulla Km 18+700 LD						FECHA N° GOLPES/CARA	24/09/2018 25			
EFECTO DE HUMEDAD SOBRE MEZCLAS ASFÁLTICAS											
ASTM D-4867 / AASHTO T-283 : LOTTMAN											
Dosis de aditivo en peso de Cemento asfáltico 0.07 % - ZYCOTHERM											
ENSAYO		N°	2	4	6	8	1	3	5	7	
			Grupo Humedo				Grupo Seco				
DIÁMETRO	D	cm	10,14	10,13	10,15	10,15	10,13	10,12	10,15	10,14	
ESPESOR	t	cm	6,87	6,82	6,84	6,85	6,82	6,8	6,78	6,76	
PESO DE LA MUESTRA SECA AL AIRE	A	Gr.	1216,7	1217,8	1215,7	1221,1	1219,6	1222,2	1221,0	1220,2	
PESO DE LA MUESTRA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	B	Gr.	1218,2	1219,3	1217,4	1223,2	1221,2	1223,4	1222,8	1222,5	
PESO DE LA MUESTRA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	C	Gr.	701,7	702,5	699,2	707,3	698,5	701,4	699,2	699,4	
VOLUMEN ( B - C )	E	c.c.	516,5	516,8	518,2	515,9	522,7	522,0	523,6	523,1	
P.e. BULK DE LA MUESTRA ( A / E )	F	Gr/c.c.	2,356	2,356	2,346	2,367	2,333	2,341	2,332	2,333	
ASTM D-2041 : PESO ESPECIFICO MAXIMO	G	Gr/c.c.	2,525	2,525	2,525	2,525	2,525	2,525	2,525	2,525	
VACIOS ( 100 ( G - F ) / G )	H	%	6,72	6,69	7,10	6,27	7,60	7,28	7,66	7,63	
VOLUMEN DE VACIOS ( HE / 100 )	I	c.c.	34,7	34,6	36,8	32,3	39,7	38,0	40,1	39,9	
CARGA DE TRACCIÓN INDIRECTA	P	kg	589,5	577,7	569,2	567,7					
MUESTRA SATURADA EN VACIO 19 a 28 " Hg, 2 a 5 min, agua destilada 60°C											
			2	4	6	8	NO SE EJECUTA				
PESO DE LA MUESTRA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	B'	Gr.	1239,2	1238,8	1237,9	1240,2					
PESO DE LA MUESTRA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	C'	Gr.	721,8	718,9	720,3	724,6					
VOLUMEN DE LA MUESTRA ( B' - C' )	E'	c.c.	517,4	519,9	517,6	515,6					
VOL. AGUA DE ABSORCION ( B' - A )	J'	c.c.	22,5	21,0	22,2	19,1					
SATURACION ( 100J' / I )		%	64,9	60,8	60,4	59,1					
HINCHAMIENTO ( 100 ( E' - E ) / E )		%	0,2	0,60	-0,12	-0,06					
CONDICIÓN DE SATURACIÓN A 24 Hrs. A 60 °C, Baño María											
			2	4	6	8	NO SE EJECUTA				
ESPESOR	I"	cm	6,81	6,84	6,83	6,84					
PESO DE LA MUESTRA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE	B"	Gr.	1243,9	1247,3	1249,2	1250,5					
PESO DE LA MUESTRA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA	C"	Gr.	723,60	725,8	728,2	729,2					
VOLUMEN ( B" - C" )	E"	c.c.	520,30	521,5	521,0	521,3					
VOL. AGUA DE ABSORCION ( B" - A )	J"	c.c.	27,20	29,5	33,5	29,4					
SATURACION ( 100J" / I )		%	78,42	85,4	91,1	90,9					
HINCHAMIENTO 100( E" - E ) / E		%	0,74	0,91	0,54	1,05					
CARGA DE TRACCIÓN INDIRECTA	P"	kg	496,8	497,5	494,4	499,3					
RESISTENCIA HUMEDA 2P" / I" D PI	S <sub>t</sub>	kg/cm <sup>2</sup>	4,58	4,57	4,54	4,58					4,57
RESISTENCIA SECA 2P / IDPI	S <sub>1m</sub>	kg/cm <sup>2</sup>	5,39	5,32	5,22	5,20	5,28				
RESISTENCIA RETENIDA TSR 100 S <sub>1m</sub> / S <sub>1d</sub>											
DAÑOS EN LA MEZCLA											
TSR		%	86,47								

Observaciones:

**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S A C

**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP N° 19955



Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Peru



Tel: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680



ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS																																																																																																																																											
DENSIDAD MAXIMA TEÓRICA RICE																																																																																																																																											
MTC E-508, ASTM D-2041, AASHTO T-209																																																																																																																																											
<b>OBRA</b>		: REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO				<b>TÉCNICO:</b> G.Q.M.																																																																																																																																					
<b>TRAMO</b>		: LA OROYA - JAUJA			<b>NG. RESP.:</b> M.L.L.																																																																																																																																						
<b>MATERIAL</b>		: Mezcla Asfáltica en Caliente				<b>FECHA:</b> 24/09/18																																																																																																																																					
<b>PROCEDENC</b>		: Planta de Asfalto Peaje Quiulla			<b>UBICACIÓN</b> : Km 18+700 LD																																																																																																																																						
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 50%;">Nombre del Aditivo</th> <th style="width: 5%;">Zycotherm</th> <th colspan="5"></th> </tr> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">m</th> <th colspan="5"></th> </tr> <tr> <th style="text-align: left;">ENSAYO</th> <th style="text-align: center;">Nº</th> <th style="text-align: center;">1</th> <th style="text-align: center;">2</th> <th style="text-align: center;">3</th> <th style="text-align: center;">4</th> <th style="text-align: center;">5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Mejorador de Aherencia</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td style="text-align: center;">0,07</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cemento Asfáltico</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td style="text-align: center;">5,53</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del material</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">1500,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del agua + frasco Rice</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">7403,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del material + frasco + agua (en aire)</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">8903,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso del material + frasco + agua (en agua)</td> <td style="text-align: center;">gr</td> <td style="text-align: center;">8309,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Volumen del material</td> <td style="text-align: center;">cc</td> <td style="text-align: center;">594,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Peso Especifico Máximo</td> <td style="text-align: center;">gr/cc</td> <td style="text-align: center;">2,525</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Temperatura de ensayo</td> <td style="text-align: center;">°C</td> <td style="text-align: center;">25</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Grava Triturada &lt;3/4"-1/2" Cantera Portillo - Carapongo</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td style="text-align: center;">15,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Gravilla Triturada &lt;1/2"- 1/4" Cantera Portillo - Carapongo</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td style="text-align: center;">40,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Arena Triturada &lt; 1/4"- 3/16" Cantera Carapongo</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td style="text-align: center;">30,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Arena Triturada &lt;3/16" Cantera Excalibur</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td style="text-align: center;">13,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Relleno mineral Filler Cal Hidratada</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td style="text-align: center;">2,0</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Aditivo mejorador de adherencia Zycotherm</td> <td style="text-align: center;">%</td> <td style="text-align: center;">0,07</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tiempo de ensayo</td> <td style="text-align: center;">Min.</td> <td style="text-align: center;">15'</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>							Nombre del Aditivo	Zycotherm							m						ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5	Mejorador de Aherencia	%	0,07					Cemento Asfáltico	%	5,53					Peso del material	gr	1500,00					Peso del agua + frasco Rice	gr	7403,00					Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	8903,00					Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	8309,00					Volumen del material	cc	594,00					Peso Especifico Máximo	gr/cc	2,525					Temperatura de ensayo	°C	25					Grava Triturada <3/4"-1/2" Cantera Portillo - Carapongo	%	15,0					Gravilla Triturada <1/2"- 1/4" Cantera Portillo - Carapongo	%	40,0					Arena Triturada < 1/4"- 3/16" Cantera Carapongo	%	30,0					Arena Triturada <3/16" Cantera Excalibur	%	13,0					Relleno mineral Filler Cal Hidratada	%	2,0					Aditivo mejorador de adherencia Zycotherm	%	0,07					Tiempo de ensayo	Min.	15'				
Nombre del Aditivo	Zycotherm																																																																																																																																										
	m																																																																																																																																										
ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5																																																																																																																																					
Mejorador de Aherencia	%	0,07																																																																																																																																									
Cemento Asfáltico	%	5,53																																																																																																																																									
Peso del material	gr	1500,00																																																																																																																																									
Peso del agua + frasco Rice	gr	7403,00																																																																																																																																									
Peso del material + frasco + agua (en aire)	gr	8903,00																																																																																																																																									
Peso del material + frasco + agua (en agua)	gr	8309,00																																																																																																																																									
Volumen del material	cc	594,00																																																																																																																																									
Peso Especifico Máximo	gr/cc	2,525																																																																																																																																									
Temperatura de ensayo	°C	25																																																																																																																																									
Grava Triturada <3/4"-1/2" Cantera Portillo - Carapongo	%	15,0																																																																																																																																									
Gravilla Triturada <1/2"- 1/4" Cantera Portillo - Carapongo	%	40,0																																																																																																																																									
Arena Triturada < 1/4"- 3/16" Cantera Carapongo	%	30,0																																																																																																																																									
Arena Triturada <3/16" Cantera Excalibur	%	13,0																																																																																																																																									
Relleno mineral Filler Cal Hidratada	%	2,0																																																																																																																																									
Aditivo mejorador de adherencia Zycotherm	%	0,07																																																																																																																																									
Tiempo de ensayo	Min.	15'																																																																																																																																									
<b>Observaciones:</b>																																																																																																																																											

**GODO QUISPE MONROY**  
TÉCNICO DE LABORATORIO  
E-181471 - 4 - C

**MANUEL LÓPEZ LABERIAN**  
ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
CIP Nº 19955



Calle Las Higueiras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Perú



Tel: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680



ialor@delheal.com  
construcciones delheal sac  
www.construccionesdelheal.com

**ANEXO K**

**RESULTADOS DEL ENSAYO DE  
INMERSIÓN - COMPRESIÓN**



MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

EFECTO DEL AGUA SOBRE LA COHESIÓN DE LAS MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS (ENSAYO DE INMERSIÓN / COMPRESIÓN)														
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS														
OBRA : REHABILITACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LA CARRETERA CENTRAL IIRSA CENTRO						Tec. Lab.: G.Q.M.								
TRAMO : LA OROYA - JAUJA		PEN: 85/100 CON 0,07 % DE ADITIVO ZYCOTHERM				ING. RESP.: M.L.L.								
MATERIAL : Mezcla Asfáltica en Caliente						% C.A.: 5,53%								
PROCEDENC. : Planta de Asfalto Peaje Quiroña						FECHA: 24/09/2018								
UBICACIÓN : km 16+700 LD														
ASTM D 1074 / AASHTO T 167 - MTC E 513 ASTM D 1075 / AASHTO T 166 - MTC E 518														
TESTIGOS DE ASFALTO COMPACTADOS A PRESIÓN MÁXIMA DE 20 Mpa (210 kgf/cm <sup>2</sup> )														
ENSAYO / BRIQUETAS		Nº	1	2	3	Promedio	1a	2a	3a	Promedio				
			(GRUPO 1)				(GRUPO 2)							
DIAMETRO DE LA BRIQUETA		D	cm	10,16	10,15	10,17	10,16	10,19	10,16	10,15	10,167			
ESPESOR Y/O ALTURA DE LA BRIQUETA		t	cm	6,81	6,82	6,83	6,82	6,80	6,81	6,81	6,81			
ÁREA DEL LA BRIQUETA		A'	cm <sup>2</sup>	81,1	80,9	81,2	81,1	81,6	81,1	80,9	81,2			
PESO DE LA BRIQUETA SECA AL AIRE		A	Gr.	1223,5	1220,4	1219,8	1221,2	1224,3	1221,2	1223,5	1223,0			
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE		B	Gr.	1225,7	1223,1	1222,2	1223,7	1226,7	1223,6	1225,5	1225,3			
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA		C	Gr.	715,1	714,4	713,4	714,3	714,6	714,2	714,7	714,6			
VOLUMEN (B - C)		E	c.c.	510,6	508,7	508,6	509,4	511,9	508,4	510,8	510,7			
P.e. BULK DE LA MUESTRA (A / E)		F	Gr/c.c.	2,396	2,399	2,397	2,398	2,392	2,397	2,395	2,395			
PROCEDIMIENTO DE INMERSIÓN / COMPRESIÓN														
MUESTRAS EN BAÑO DE AGUA REGULADO (25 ± 1 °C) POR DOS HORAS														
GRUPO 1 (PROBETAS NO SUMERGIDAS)														
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE		B'	Gr.	1227,8	1225,9	1224,9		Este grupo de probetas han sido puestas a un baño de aire regulado a 25 ± 1 °C, por un periodo de 24 Hrs. Al finalizar este periodo se retiraron del baño y se introdujeron en un baño de agua regulada a 25 ± 1 °C, durante 2 horas y finalmente se sometieron al ensayo de resistencia a la compresión.						
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA		C'	Gr.	715,3	714,8	713,5								
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B' - C')		E'	c.c.	512,5	511,1	511,4								
VOL. AGUA DE ABSORCIÓN (B' - A)		J'	c.c.	4,3	5,5	5,1								
HINCHAMIENTO (100 (E' - E) / E)			%	0,37	0,47	0,51								
CARGA DE ESFUERZO A LA COMPRESIÓN SIMPLE		P"	kgf	1957,5	2007,3	1978,3								
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE		R1	kgf/cm <sup>2</sup>	24,14	24,81	24,36								
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE		RP1	kgf/cm <sup>2</sup>	24,44										
CONDICIÓN DE SATURACIÓN A 24 Hrs. A 60 °C, Baño María														
MUESTRAS EN BAÑO DE AGUA REGULADO (25 ± 1 °C) POR DOS HORAS														
GRUPO 2 (PROBETAS SUMERGIDAS)														
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AIRE		B"	Gr.	1248,1	1248,1	1248,9		Este grupo de probetas han sido sumergidas en agua regulada a 60 °C ± 1 °C, por un periodo de 24 Hrs. Al finalizar este periodo se retiraron del baño y se dejaron por 2 horas a temperatura ambiente para que enfriaran. Seguidamente se introdujeron en un baño de agua regulada a 25 ± 1 °C, durante 2 horas y finalmente se sometieron al ensayo de resistencia a la compresión.						
PESO DE LA BRIQUETA SATURADO SUPERFICIALMENTE SECA EN AGUA		C"	Gr.	726,5	727,2	727,9								
VOLUMEN DE LA MUESTRA (B" - C")		E"	c.c.	519,6	520,9	521,0								
VOL. AGUA DE ABSORCIÓN (B" - A)		J"	c.c.	22,60	27,7	29,1								
HINCHAMIENTO (100 (E" - E) / E)			%	1,76	2,40	2,40								
CARGA DE ESFUERZO A LA COMPRESIÓN SIMPLE		P"	kgf	1895,1	1862,7	1907,6								
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE		R2	kgf/cm <sup>2</sup>	23,22	23,21	23,58								
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE		RP2	kgf/cm <sup>2</sup>	23,34										
RESULTADOS OBTENIDOS DEL ENSAYO														
INDICE DE RESISTENCIA CONSERVADA		%		104,70										
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE GRUPO 1 (PROBETAS NO SUMERGIDAS)		kgf/cm <sup>2</sup>	24,44	MPa	2,40	Mpa Requerido por las EE.TT. / EG 2013	2,10	CUMPLE						
RESISTENCIA PROMEDIO A LA COMPRESIÓN SIMPLE GRUPO 1 (PROBETAS SUMERGIDAS)		kgf/cm <sup>2</sup>	23,34	MPa	2,29			CUMPLE						
Observaciones: Para la fabricación de la mezcla asfáltica se uso cemento Asfáltico PEN-85/100.														

*Godo Quispe Monroy*  
**GODO QUISPE MONROY**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO  
 DELHEAL S.A.C.

*Manuel Lopez Laberian*  
**MANUEL LOPEZ LABERIAN**  
 ING. SUELOS Y PAVIMENTOS  
 CIP Nº 19955

Calle Las Figueras 204 Urb Monterrico  
 La Molina - Ciudad de Lima - Perú

Telf: (511) 314 5969  
 RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
 RPM: 942 421 756 / 994 390 680

ialor@delheal.com  
 construcciones delheal sac  
 www.construccionesdelheal.com

**ANEXO L**

**RESULTADOS DEL ENSAYO DE LA  
RUEDA DE HAMBURGO**



EXPEDIENTE R.H. / LMA  
189-2018-LAB TDM ASFALTOS

## REPORTE DE ENSAYO DE RUEDA DE HAMBURGO PARA MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE COMPACTADAS AASHTO T - 324

PROYECTO : " TESIS: MITIGACIÓN DEL AHUELLAMIENTO, USANDO EL MÉTODO MARSHALL Y GRANULOMETRÍA SUPERPAVE EN LA CARPETA ASFÁLTICA, DEL TRAMO: LA OROYA - JAUJA, 2018 "

UBICACIÓN : LA OROYA

SOLICITANTE : CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C. - DARWIN GABRIEL CASTILLO NEYRA

REFERENCIA : DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE Y AGREGADOS, PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

FECHA : 08/11/2018

### DETALLE DE LA MEZCLA

AGREGADO	: CANTERA CARAPONGO / CANTERA EXCALIBUR	TIPO DE COMPACTACIÓN	: COMPACTADOR GIRATORIO
FILLER	: CAL HIDRATADA	PORCENTAJE DE VACÍOS	: 7.5 %
ASFALTO	: PEN 85/100 REPSOL		
ADITIVO	: 0.07% ZYCOTHERM CON RESPECTO AL ASFALTO		

### DATOS INICIALES DE LA PRUEBA

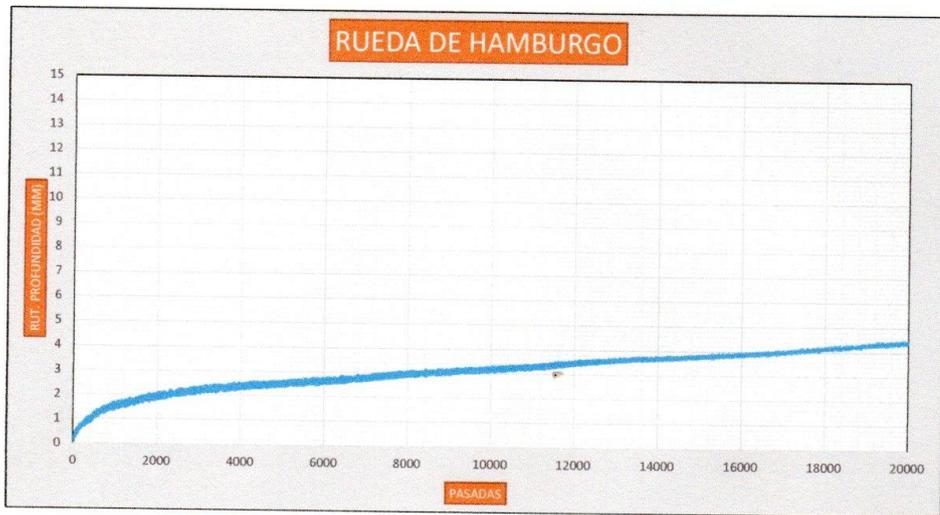
PRUEBA	: 189	TEMPERATURA DE ENSAYO	: 50 °C
TIPO DE MUESTRA	: Doble Núcleos	NÚMERO MAX. PASADAS	: 20000 pasadas
NOMBRE DE LA MUESTRA	: ----	PROFUNDIDAD MÁXIMA	: 12.5 mm
DIÁMETRO	: 150.0 mm	VELOCIDAD DE LA RUEDA	: 52 pasadas / min
ESPESOR	: 62.0 mm	OPERADOR	: RV

### RESULTADOS FINALES

PROFUNDIDAD FINAL RUT	: 4.34 mm	PASADAS	: 20000
TIPO DE MEDIO TÉRMICO	: AGUA		
FEEDBACK UTILIZADO	: EN EL TANQUE		
TEMPERATURA MÁXIMA	: 50.4 °C		
TEMPERATURA MÍNIMA	: 49.9 °C		

### OBSERVACIONES

♦ ESTA PRUEBA FUE REALIZADA EN CONCORDANCIA CON LA NORMA AASHTO T-324.



*Guillermo Vera B.*  
Guillermo Vera B.  
Laboratorista

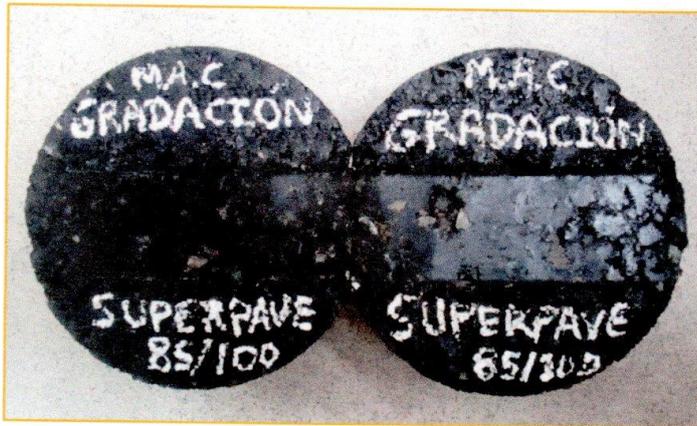
*Alfonso Mera*  
Alfonso Mera  
Jefe del Área Técnica

Fecha de reporte Lima, 13 de Noviembre del 2018

EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL USUARIO

REG-III-TEC-089.V01

ESPECÍMENES DE ENSAYO





MOVIMIENTO DE TIERRAS • PAVIMENTACIÓN • TRITURACIÓN DE AGREGADOS • TRANSPORTE Y ALQUILER DE EQUIPOS

CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C.  
RUC : 20392523171

Codigo de cliente:

ORDEN DE COMPRA N° 0227-18  
FECHA : 07/11/2018

PROVEEDOR : TDM INGENIERIA  
 ATENCION: Victor Moreano  
 e-mail: [vmoreano@tdm.com.pe](mailto:vmoreano@tdm.com.pe)  
 R.U.C: 20553127701  
 DIRECCION : Alameda Los Horizontes N° 905 – Chorrillos - Perú  
 TELEFONOS : 01 617-4700  
 COTIZACION : 0259 LAB - PV

ITEM	CANT	METODOLOGIA	DESCRIPCION	UNID	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	1.00	AASHTO T 324	Rueda de Hamburgo	Und	750.00	750.00
					TOTAL	\$750.00
CONDICIONES PAGO:			Contado			
					I.G.V. 18%	\$135.00
					TOTAL	\$885.00



CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C.

  
**Carlos Almenara Huerta**  
 GERENTE DE LOGISTICA

 Calle Las Higueras 204 Urb Monterrico  
La Molina - Ciudad de Lima - Perú

 Telf.: (511) 314 5969  
RPM: 942 421 745 / 994 390 468  
RPM: 942 421 756 / 994 390 680

 [ialor@delheal.com](mailto:ialor@delheal.com)  
 [construcciones delheal sac](https://www.facebook.com/construccionesdelhealsac)  
[www.construccionesdelheal.com](http://www.construccionesdelheal.com)



TDM INGENIERIA S.A.C.

Av. Alameda Los Horizontes N° 905  
 Urb. Los Huertos de Villa - Chorrillos  
 Lima - Lima - Perú Telf.: (51) (1) 6174700  
 Fax: (51) (1) 6174701 www.tdm.com.pe

**R.U.C. N° 20553127701**  
**FACTURA ELECTRONICA**  
**N° FF01-00000118**

<b>FECHA</b> 2018-11-12		<b>R.U.C.</b> 20392523171		<b>GUÍA</b>	
<b>CLIENTE</b> CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C.					
<b>DIRECCIÓN</b> CAL.LAS HIGUERAS NRO 204 URB. RESIDENCIAL MONTEERRICO LA MOLINA LIMA PE					
<b>CONDICIONES DE VENTA</b> AL CONTADO				<b>O/COMPRA</b>	0227-18
CÓDIGO	CANTIDAD	UNIDAD MEDIDA	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	VALOR VENTA
300396	1.000	NIU	ENSAYO DE RUEDA DE HAMBURGO-GLB (1)	750.00	750.00
<b>SON:</b> OCHOCIENTOS OCHENTA Y CINCO CON 00/100 DOLARES AMERICANOS  OPERACIÓN SUJETA AL SISTEMA DE OBLIGACIONES TRIBUTARIAS CON EL GOBIERNO CENTRAL				<b>OP. GRAVADAS</b> US\$ 750.00 <b>OP. INAFECTAS</b> US\$ 0.00 <b>OP. EXONERADAS</b> US\$ 0.00 <b>OP. GRATUITAS</b> US\$ 0.00 <b>OTROS CARGOS</b> US\$ 0.00 <b>OTROS TRIBUTOS</b> US\$ 0.00 <b>DESCUENTO</b> US\$ 0.00 <b>IGV 18%</b> US\$ 135.00 <b>TOTAL</b> US\$ 885.00	

"Designado agente de retención del IGV según resolución R.S. 037-2002/SUNAT"



Representación impresa de la Factura Electrónica, autorizado mediante Resolución de Intendencia N.° 0340050005723.  
 Hash: EPI8Ius396xN9yCRuoAgKGPWL0=

Página 1 de 1

Powered by xerox

**ANEXO M**

**CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE**

**EQUIPOS DE LABORATORIO**

# Certificado de Calibración

## LMA17 - 0279

ORDEN DE TRABAJO : OT17 - 0157

CLIENTE : CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C.

DIRECCION : CALLE LAS HIGUERAS NRD. 204 URB.  
RESIDENCIAL MONTEERRICO LIMA - LIMA - LA  
MOLINA

LUGAR DE CALIBRACION : LABORATORIO DE ASFALTO - CARAPONGO

EQUIPO : BALANZA ELECTRONICA DE  
FUNCIONAMIENTO NO AUTOMATICO

MARCA : OHAUS

MODELO : R31P30

NUMERO DE SERIE : 8335450087

IDENTIFICACION : NO INDICA

FECHA DE CALIBRACION : 2018-07-25

FECHA DE EMISION : 2018-07-27

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Sello

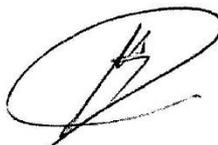


Fecha

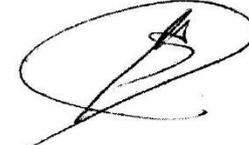
2018-07-27



Responsable Técnico

  
Dante Abelino Pérez

Metrólogo a cargo

  
Dante Abelino Pérez

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG

Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf. 01 6824729 / RPC: 992367283, 992019094  
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

## Certificado de Calibración LMA17 - 0279

### ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Capacidad máxima (Max) : 30000 g	Clase de exactitud : Media III
División de escala (d) : 1 g	Tipo : Electrónica: <input checked="" type="checkbox"/> Electromecánica: <input type="checkbox"/>
División de verificación (e) : 10 g	$\Delta T$ local : 1 °C
Coefic. deriva térmica ( $\delta$ ) : 1,0E-05 °C <sup>-1</sup>	Capacidad mínima (Min) 200 g

### DESCRIPCION DEL PATRON UTILIZADO

Trazabilidad	Nombre del Patrón	Certificado de Calibración
INACAL	Juego de Pesas 1mg a 500g Clase E2	LM - C - 095 - 2017
INACAL	Juego de Pesas de 1 kg, 2 kg y 5 kg F1	LM - 057 - 2017
INACAL	Pesa de 10 kg Acero Inox F2	LM - 055 - 2017
INACAL	Pesa de 20 kg Acero Inox F2	LM - 056 - 2017

### PROCEDIMIENTO Y/O METODO DE CALIBRACION

PC-001 - Procedimiento para la calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y IIII del SNM - INDECOPI.

### INSPECCION VISUAL

Ajuste de cero : CONFORME	Escala : NO TIENE
Oscilación libre : CONFORME	Cursor : NO TIENE
Plataforma : CONFORME	Nivelación : CONFORME
Sistema de traba : NO TIENE	Función de ajuste [CAL] : Interna: <input type="checkbox"/> Externa: <input checked="" type="checkbox"/> No tiene: <input type="checkbox"/>

### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura Ambiente	Inicial = 19,0 °C	Resultados	Carga L <sub>1</sub> = CUMPLE
	Final = 19,2 °C		Carga L <sub>2</sub> = CUMPLE

Medición N°	Carga L <sub>1</sub> = 15000,0 g		Carga L <sub>2</sub> = 30000,0 g	
	I g	E <sub>1</sub> g	I g	E <sub>2</sub> g
1	15000,0	4,5	30000,0	4,5
2	15000,0	4,5	30000,0	4,5
3	15000,0	4,5	30000,0	4,5
4	15000,0	4,5	30000,0	4,5
5	15000,0	4,5	30000,0	4,5
6	15000,0	4,5	30000,0	4,5
7	15000,0	4,4	30000,0	4,4
8	15000,0	4,7	30000,0	4,7
9	15000,0	4,4	30000,0	4,4
10	15000,0	4,5	30000,0	4,5
$\Delta E_1 = \text{Max } E_1 - \text{Min } E_1 =$		0,3 g	$\Delta E_2 = \text{Max } E_2 - \text{Min } E_2 =$	
EMP para L <sub>1</sub> =		20 g	EMP para L <sub>2</sub> =	



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG

Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf: 01 6824729/RFC: 992367283, 992019094  
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

*Certificado de Calibración*  
**LMA17 - 0279**

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Temperatura Ambiente Inicial = 19,2 °C Resultados  $E_c$  para carga L = CUMPLE  
Final = 19,2 °C

Posición de la carga	Determinación de $E_0$			Determinación de error corregido $E_c$			
	Carga mínima g	l g	$E_0$ g	Carga L g	l g	E g	$E_c$ g
1		10,0	4,5		10000,0	4,5	0,0
2		10,0	4,5		10000,0	4,4	-0,1
3	10,0	10,0	4,4	10000,0	10000,0	4,5	0,1
4		10,0	4,5		10000,0	4,5	0,0
5		10,0	4,5		10000,0	4,4	-0,1
<b>EMP para carga <math>E_c</math> en excentricidad =</b>							<b>20 g</b>

3	4
1	
2	5

Posición de las cargas

**NOMENCLATURA**

l : Indicación de la balanza  $E_0$  : Error en cero en ensayo de excentricidad  
 $E_1$  : Error en ensayo de repetibilidad carga  $L_1$   $E_c$  : Error corregido en ensayo de excentricidad  
 $E_2$  : Error en ensayo de repetibilidad carga  $L_2$  **EMP** : Error Máximo Permissible

**ENSAYO DE PESAJE**

Temperatura Ambiente Inicial = 19,3 °C Resultados  $E_c$  para carga creciente= CUMPLE  
Final = 19,3 °C  $E_c$  para carga decreciente= CUMPLE

Carga g	Cargas crecientes			Cargas decrecientes			EMP ± g
	l g	E g	$E_c$ g	l g	E g	$E_c$ g	
10,0	10,0	4,5					
100,0	100,0	4,5	0,0	100,0	4,5	0,0	10,0
200,0	200,0	4,5	0,0	200,0	4,5	0,0	10,0
500,0	500,0	4,5	0,0	500,0	4,5	0,0	10,0
1000,0	1000,0	4,4	-0,1	1000,0	4,4	-0,1	10,0
2000,0	2000,0	4,5	0,0	2000,0	4,5	0,0	10,0
5000,0	5000,0	4,4	-0,1	5000,0	4,4	-0,1	10,0
8000,0	8000,0	4,5	0,0	8000,0	4,5	0,0	20,0
10000,0	10000,0	4,4	-0,1	10000,0	4,4	-0,1	20,0
20000,0	20000,0	4,5	0,0	20000,0	4,5	0,0	20,0
30000,0	30000,0	4,5	0,0	30000,0	4,5	0,0	30,0

**NOMENCLATURA**

L : Carga aplicada utilizando pesas patrón. **EMP** : Error Máximo Permissible  
l : Indicación de la balanza.  $E_c$  : Error corregido resultante de calcular  $E - E_0$   
E : Error obtenida de calcular  $l + \frac{1}{2} e - \Delta L \cdot L$



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG

Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf: 01 6824729/RPC: 992367283, 992019094  
calibraciones@msgmulti.com / metrologia@msgmulti.com / ventas@msgmulti.com / www.msgmulti.com

*Certificado de Calibración*  
**LMA17 - 0279**

**LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL RESULTADO DE UNA PESADA**

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 7,0E-07 R$$

$$U_R = 2 \times \sqrt{1,7E-01 + 1,3E-10 \times R^2}$$

**NOMENCLATURA**

- R : Lectura obtenida de la indicación de la balanza en las unidades que se visualiza.  
 R<sub>CORREGIDA</sub> : Lectura corregida de la balanza.  
 U<sub>R</sub> : Incertidumbre expandida del resultado de una pesada.

**INDICACIONES ADICIONALES**

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva que indica el estado de la calibración.
- Previo al inicio de la calibración se realizó una verificación en tres valores de carga obteniéndose:

Carga aplicada g	I g	E g	EMP ± g
10000	9996,0	-4,0	10
20000	19994,0	-6,0	20
30000	29992,0	-8,0	30

Debido a los errores obtenidos en la verificación, si excedieron los EMP correspondientes, se hizo el ajuste con la función:

CAL interna  No se hizo ajuste   
 CAL externa  Indicar pesa utilizada

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION



# Certificado de Calibración

## LMA17-0278

ORDEN DE TRABAJO : OT17-0157

CLIENTE : CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C.

DIRECCION : CALLE LAS HIGUERAS NRO. 204 URB. RESIDENCIAL MONTEERRICO LIMA - LIMA - LA MOLINA

LUGAR DE CALIBRACION : LABORATORIO DE ASFALTO - CARAPONGO

EQUIPO : BALANZA ELECTRONICA DE FUNCIONAMIENTO NO AUTOMATICO

MARCA : OHAUS

MODELO : SP6001

NUMERO DE SERIE : B514797048

IDENTIFICACION : NO INDICA

FECHA DE CALIBRACION : 2017-07-25

FECHA DE EMISION : 2017-07-27

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Sello



Fecha

2017-07-27



Responsable Técnico

Dante Abelino Pérez

Metrólogo a cargo

Dante Abelino Pérez

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.

Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf: 01 6824729 / RPC: 992367283, 992019094  
ventas@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

*Certificado de Calibración*  
**LM A17-0278**

**ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL OBJETO CALIBRADO**

Capacidad máxima (Max) : 6000 g      Clase de exactitud : Media III  
 División de escala (d) : 0,1 g      Tipo : Electrónica:  Electromecánica:   
 División de verificación (e) : 1 g      ΔT local : 1 °C  
 Coefic. deriva térmica (δ) : 1,0E-05 °C<sup>-1</sup>      Capacidad mínima (Min) 10 g

**DESCRIPCION DEL PATRON UTILIZADO**

Trazabilidad	Nombre del Patrón	Certificado de Calibración
INACAL	Juego de Pesas 1 mg a 500g Clase E2	LM - C - 095 - 2017
INACAL	Juego de Pesas de 1 kg, 2 kg y 5 kg F1	LM - 057 - 2017

**PROCEDIMIENTO Y/O METODO DE CALIBRACION**

PC-001 - Procedimiento para la calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase III y IIII del SNM - INDECOPI.

**INSPECCION VISUAL**

Ajuste de cero : CONFORME      Escala : NO TIENE  
 Oscilación libre : CONFORME      Cursor : NO TIENE  
 Plataforma : CONFORME      Nivelación : NO TIENE  
 Sistema de traba : NO TIENE      Función de ajuste (CAL) : Interna:  Externa:  No tiene:

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Temperatura Ambiente      Inicial = 21,4 °C      Resultados      Carga L<sub>1</sub> = CUMPLE  
 Final = 21,5 °C      Carga L<sub>2</sub> = CUMPLE

Medición N°	Carga L <sub>1</sub> = 3000,0 g		Carga L <sub>2</sub> = 6000,0 g		
	I g	E <sub>1</sub> g	I g	E <sub>2</sub> g	
1	3000,0	0,44	6000,0	0,46	
2	3000,0	0,44	6000,0	0,46	
3	3000,0	0,44	6000,0	0,46	
4	3000,0	0,44	6000,0	0,46	
5	3000,0	0,44	6000,0	0,46	
6	3000,0	0,44	6000,0	0,44	
7	3000,0	0,45	6000,0	0,46	
8	3000,0	0,44	6000,0	0,47	
9	3000,0	0,44	6000,0	0,44	
10	3000,0	0,44	6000,0	0,44	
ΔE <sub>1</sub> =Max E <sub>1</sub> - Min E <sub>1</sub> =		0,01 g	ΔE <sub>2</sub> =Max E <sub>2</sub> - Min E <sub>2</sub> =		0,03 g
EMP para L <sub>1</sub> =		3 g	EMP para L <sub>2</sub> =		2 g



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.

Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf: 01 6824729/RPC 992367283, 992019094  
 msg@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

*Certificado de Calibración*  
**LMA17-0278**

**ENSAYO DE EXCENTRICIDAD**

Temperatura Ambiente Inicial = 21,5 °C Resultados  $E_c$  para carga L = CUMPLE  
Final = 21,6 °C

Posición de la carga	Determinación de $E_0$			Determinación de error corregido $E_c$			
	Carga mínima g	I g	$E_0$ g	Carga L g	I g	E g	$E_c$ g
1	1,0	1,0	0,45	2000,0	2000,0	0,44	-0,01
2		1,0	0,44		2000,1	0,54	0,10
3		1,0	0,44		2000,0	0,44	0,00
4		1,0	0,44		2000,0	0,44	0,00
5		1,0	0,45		2000,1	0,55	0,10
EMP para carga $E_c$ en excentricidad =							2 g

3	4
1	
2	5

Posición de las cargas

**NOMENCLATURA**

I : Indicación de la balanza  
 $E_0$  : Error en cero en ensayo de excentricidad  
 $E_1$  : Error en ensayo de repetibilidad carga  $L_1$   
 $E_2$  : Error en ensayo de repetibilidad carga  $L_2$   
 $E_c$  : Error corregido en ensayo de excentricidad  
EMP : Error Máximo Permissible

**ENSAYO DE PESAJE**

Temperatura Ambiente Inicial = 21,6 °C Resultados  $E_c$  para carga creciente = CUMPLE  
Final = 21,6 °C  $E_c$  para carga decreciente = CUMPLE

Carga g	Cargas crecientes			Cargas decrecientes			EMP ± g
	I g	E g	$E_c$ g	I g	E g	$E_c$ g	
1,0	1,0	0,44					
20,0	20,0	0,44	0,00	20,0	0,44	0,00	1,0
50,0	50,0	0,44	0,00	50,0	0,44	0,00	1,0
200,0	200,0	0,45	0,01	200,0	0,45	0,01	1,0
500,0	500,0	0,44	0,00	500,0	0,44	0,00	2,0
1000,0	1000,0	0,44	0,00	1000,0	0,44	0,00	2,0
2000,0	2000,0	0,45	0,01	2000,0	0,45	0,01	2,0
3000,0	3000,0	0,44	0,00	3000,0	0,45	0,02	3,0
4000,0	4000,0	0,45	0,01	4000,0	0,45	0,01	3,0
5000,0	5000,0	0,46	0,02	5000,0	0,44	0,00	3,0
6000,0	6000,0	0,44	0,00	6000,0	0,45	0,01	3,0

**NOMENCLATURA**

L : Carga aplicada utilizando pesas patrón.  
I : Indicación de la balanza.  
E : Error obtenido de calcular  $I + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$   
EMP : Error Máximo Permissible  
 $E_c$  : Error corregido resultante de calcular  $E - E_0$



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG

Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf: 01 6824729 / RPC: 992367283, 992019094

*Certificado de Calibración*  
**LMA17-0278**

**LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE EXPANDIDA DEL RESULTADO DE UNA PESADA**

$$R_{\text{CORREGIDA}} = R - 2,3E-06 R$$

$$U_R = 2 \times \sqrt{1,8E-03 + 3,1E-10 \times R^2}$$

**NOMENCLATURA**

- R : Lectura obtenida de la indicación de la balanza en las unidades que se visualiza.  
 R<sub>CORREGIDA</sub> : Lectura corregida de la balanza.  
 U<sub>R</sub> : Incertidumbre expandida del resultado de una pesada.

**INDICACIONES ADICIONALES**

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva que indica el estado de la calibración.
- Previo al inicio de la calibración se realizó una verificación en tres valores de carga obteniéndose:

Carga aplicada g	I g	E g	EMP ± g
1000	999,8	-0,2	2
3000	2998,1	-1,9	2
5000	4997,7	-2,3	3

Debido a los errores obtenidos en la verificación, si excedieron los EMP correspondientes, se hizo el ajuste con la función:

CAL interna  No se hizo ajuste   
 CAL externa  Indicar pesa utilizada

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION



# Certificado de Calibración

## CIT17 - 0116

ORDEN DE TRABAJO	:	OT17 - 0157	El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
CLIENTE	:	CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C.	MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de los mediciones.
DIRECCION	:	CALLE LAS HIGUERAS NRO. 204 URB. RESIDENCIAL MONTEERRICO LIMA - LIMA - LA MOLINA	Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.
LUGAR DE CALIBRACION	:	LABORATORIO DE ASFALTS - CARAPONGO	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.
EQUIPO	:	BAÑO MARIA	Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.
MARCA	:	ELE	MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.
MODELO	:	45 - 6550 / 01	
NUMERO DE SERIE	:	45 - 6550 / 01 - 0060	
IDENTIFICACION	:	NO INDICA	
FECHA DE CALIBRACION	:	2018-07-25	
FECHA DE EMISION	:	2018-07-27	



Fecha

2018-07-27



Responsable Técnico

Dante Abelino Pérez

Metrólogo a cargo

Dante Abelino Pérez

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG

Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf: 01 6824729/RPC: 992367283, 992019094  
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

**CIT17 - 0116**  
**Certificado de Calibración**

**ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL OBJETO CALIBRADO**

Parámetros	Indicador	Selector
Tipo	DIGITAL	ANALOGICO
Alcance de Escala	0 °C a 105 °C	0 °C a 105 °C
División de escala	0,1 °C	0,1 °C
Tipo de agitación	NATURAL	
Capacidad nominal	NO INDICA	
Porcentaje de carga	0,0%	
Temperatura de calibración	60,0 °C	

**DESCRIPCION DEL PATRON UTILIZADO**

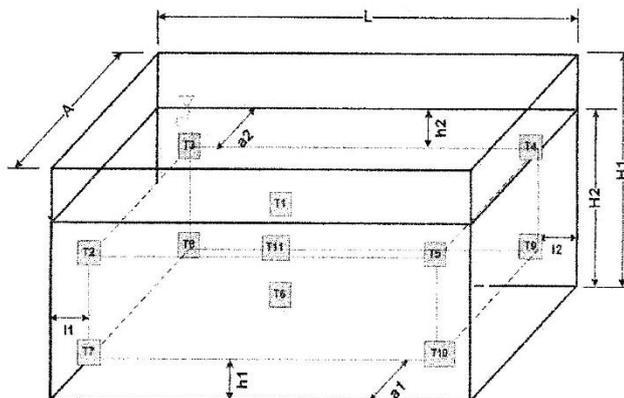
Trazabilidad	Nombre del patrón	Certificado de Calibración N°
MSG / INACAL	TEMOMETRO MULTICANAL FLUKE 2620A	LTH17 - 0065

**PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION**

PC-019 - Procedimiento para la calibración de baños termostáticos de SNM - INDECOPI.

**UBICACIÓN DE LOS TERMOPARES DENTRO DEL EQUIPO CALIBRADO**

Cotas	Valores
A =	30,0 cm
L =	32,0 cm
H1 =	22,0 cm
H2 =	16,0 cm
a1 =	0,0 cm
a2 =	0,0 cm
l1 =	0,0 cm
l2 =	0,0 cm
h1 =	0,0 cm
h2 =	0,0 cm



- A, L y H1 = Dimensiones internas del equipo.
- H2 = Altura de nivel de fluido (líquido termostático).
- a1, a2, l1, l2, h1, h2 = Distancias entre  $\frac{1}{10}$  a  $\frac{1}{4}$  de las dimensiones internas de la cámara.
- Termopares 1 y 6 = En el centro de cada plano formado por los 4 termopares del plano correspondiente.
- Termopares 11 = En el centro geométrico del volumen de líquido.



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG

Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf. 01 6824729/RPC: 992367283, 992019094  
operaciones@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

**CIT17 - 0116**  
*Certificado de Calibración*

**CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS**

Temperatura:	19,0 °C +/- 0,0 °C
Humedad Relativa:	60,0 % Hr +/- 1,0 % Hr

**TEMPERATURA DE CALIBRACIÓN 60,0 °C**

Tiempo hh:mm	Medio isotermo °C	Indicaciones corregidas de los 11 Termopares en °C											Temp. prom. °C	ΔT °C
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11		
00:00:00	73,0	60,3	60,6	60,3	60,2	60,1	60,4	60,4	60,2	60,2	59,9	59,7	60,2	0,9
00:00:20	73,0	60,3	60,4	60,3	60,3	60,3	60,2	60,4	60,2	60,2	60,0	59,6	60,2	0,8
00:00:40	73,0	60,4	60,5	60,4	60,4	60,2	60,4	60,5	60,3	60,2	59,9	59,8	60,3	0,7
00:01:00	73,0	60,4	60,5	60,4	60,4	60,2	60,4	60,5	60,3	60,2	59,9	59,8	60,3	0,7
00:01:20	73,0	60,5	60,5	60,4	60,4	60,3	60,3	60,4	60,3	60,2	60,1	59,9	60,3	0,6
00:01:40	73,0	60,5	60,5	60,4	60,4	60,3	60,3	60,4	60,3	60,2	60,1	59,9	60,3	0,6
00:02:00	73,0	60,4	60,6	60,4	60,4	60,3	60,3	60,3	60,2	60,2	59,9	59,7	60,2	0,9
00:02:20	73,0	60,3	60,6	60,4	60,3	60,2	60,3	60,5	60,3	60,2	60,1	59,8	60,3	0,8
00:02:40	73,0	60,4	60,6	60,4	60,2	60,3	60,4	60,5	60,3	60,2	59,9	59,9	60,3	0,7
00:03:00	73,0	60,4	60,6	60,4	60,2	60,3	60,4	60,5	60,3	60,2	59,9	59,9	60,3	0,7
00:03:20	73,0	60,6	60,5	60,5	60,4	60,3	60,6	60,4	60,3	60,2	60,0	60,1	60,4	0,6
00:03:40	73,0	60,6	60,5	60,5	60,4	60,3	60,6	60,4	60,3	60,2	60,0	60,1	60,4	0,6
00:04:00	73,0	60,4	60,5	60,4	60,5	60,2	60,3	60,5	60,3	60,2	60,1	59,9	60,3	0,6
00:04:20	73,0	60,4	60,6	60,5	60,5	60,3	60,4	60,5	60,3	60,2	60,1	60,0	60,3	0,6
00:04:40	73,0	60,4	60,6	60,5	60,5	60,3	60,4	60,5	60,3	60,2	60,1	60,0	60,3	0,6
00:05:00	73,0	60,4	60,7	60,4	60,4	60,2	60,4	60,5	60,3	60,2	60,1	60,0	60,3	0,7
00:05:20	73,0	60,4	60,6	60,4	60,2	60,3	60,4	60,5	60,3	60,2	59,9	59,9	60,3	0,7
00:05:40	73,0	60,6	60,5	60,5	60,4	60,3	60,6	60,4	60,3	60,2	60,0	60,1	60,4	0,6
00:06:00	73,0	60,6	60,5	60,5	60,4	60,3	60,6	60,4	60,3	60,2	60,0	60,1	60,4	0,6
00:06:20	73,0	60,4	60,5	60,4	60,5	60,2	60,3	60,5	60,3	60,2	60,1	59,9	60,3	0,6
00:06:40	73,0	60,4	60,6	60,5	60,5	60,3	60,4	60,5	60,3	60,2	60,1	60,0	60,3	0,6
00:07:00	73,0	60,4	60,6	60,5	60,5	60,3	60,4	60,5	60,3	60,2	60,1	60,0	60,3	0,6
00:07:20	73,0	60,4	60,7	60,4	60,4	60,2	60,4	60,5	60,3	60,2	60,1	60,0	60,3	0,7
00:07:40	73,0	60,4	60,7	60,4	60,4	60,2	60,4	60,5	60,3	60,2	60,1	60,0	60,3	0,7
00:08:00	73,0	60,4	60,6	60,4	60,4	60,2	60,6	60,5	60,4	60,2	60,1	60,1	60,4	0,5
00:08:20	73,0	60,3	60,6	60,3	60,2	60,1	60,4	60,4	60,2	60,2	59,9	59,7	60,2	0,9
00:08:40	73,0	60,3	60,4	60,3	60,3	60,2	60,4	60,2	60,2	60,2	60,0	59,6	60,2	0,8
00:09:00	73,0	60,4	60,5	60,4	60,4	60,2	60,4	60,5	60,3	60,2	59,9	59,8	60,3	0,7
00:09:20	73,0	60,4	60,5	60,4	60,4	60,2	60,4	60,5	60,3	60,2	59,9	59,8	60,3	0,7
00:09:40	73,0	60,5	60,5	60,4	60,4	60,3	60,3	60,4	60,3	60,2	60,1	59,9	60,3	0,6
00:10:00	73,0	60,5	60,5	60,4	60,4	60,3	60,3	60,4	60,3	60,2	60,1	59,9	60,3	0,6
00:10:20	73,0	60,4	60,6	60,4	60,4	60,3	60,3	60,3	60,2	60,2	59,9	59,7	60,2	0,9
00:10:40	73,0	60,3	60,6	60,4	60,3	60,2	60,3	60,5	60,3	60,2	60,1	59,8	60,3	0,8
00:11:00	73,0	60,4	60,6	60,4	60,2	60,3	60,4	60,5	60,3	60,2	59,9	59,9	60,3	0,7
00:11:20	73,0	60,4	60,6	60,4	60,2	60,3	60,4	60,5	60,3	60,2	59,9	59,9	60,3	0,7
00:11:40	73,0	60,6	60,5	60,5	60,4	60,3	60,6	60,4	60,3	60,2	60,0	60,1	60,4	0,6
00:12:00	73,0	60,6	60,5	60,5	60,4	60,3	60,6	60,4	60,3	60,2	60,0	60,1	60,4	0,6
00:12:20	73,0	60,4	60,5	60,4	60,5	60,2	60,3	60,5	60,3	60,2	60,1	59,9	60,3	0,8
00:12:40	73,0	60,4	60,6	60,5	60,5	60,3	60,4	60,5	60,3	60,2	60,1	60,0	60,3	0,6
00:13:00	73,0	60,4	60,6	60,5	60,5	60,3	60,4	60,5	60,3	60,2	60,1	60,0	60,3	0,6
00:13:20	73,0	60,4	60,7	60,4	60,4	60,2	60,4	60,5	60,3	60,2	60,1	60,0	60,3	0,6
00:13:40	73,0	60,6	60,7	60,6	60,4	60,5	60,6	60,6	60,4	60,3	60,1	60,1	60,4	0,7
00:14:00	73,0	60,6	60,6	60,5	60,5	60,3	60,6	60,6	60,4	60,3	60,1	60,0	60,4	0,8
00:14:20	73,0	60,5	60,6	60,5	60,4	60,5	60,6	60,6	60,4	60,3	60,2	60,1	60,4	0,8
00:14:40	73,0	60,6	60,6	60,5	60,4	60,4	60,5	60,6	60,4	60,2	60,1	60,0	60,4	0,8
00:15:00	73,0	60,6	60,6	60,5	60,4	60,4	60,5	60,6	60,4	60,2	60,1	60,0	60,4	0,8
00:15:20	73,0	60,6	60,6	60,5	60,4	60,4	60,5	60,7	60,4	60,2	60,2	59,9	60,4	0,8



**CIT17 - 0116**  
*Certificado de Calibración*

Tiempo hhmm	Medio isotermo °C	Indicaciones corregidas de los 11 Termopares en °C											Temp. prom. °C	AT °C
		T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11		
00:15:40	73.0	60.6	60.6	60.5	60.4	60.4	60.5	60.7	60.4	60.2	60.2	59.9	60.4	0.8
00:16:00	73.0	60.3	60.6	60.3	60.2	60.1	60.4	60.4	60.2	60.2	59.9	59.7	60.2	0.9
00:16:20	73.0	60.3	60.4	60.3	60.3	60.3	60.2	60.4	60.2	60.2	60.0	59.6	60.2	0.8
00:16:40	73.0	60.4	60.5	60.4	60.4	60.2	60.4	60.5	60.3	60.2	59.9	59.8	60.3	0.7
00:17:00	73.0	60.4	60.5	60.4	60.4	60.2	60.4	60.5	60.3	60.2	59.9	59.8	60.3	0.7
00:17:20	73.0	60.5	60.5	60.4	60.4	60.3	60.3	60.4	60.3	60.2	60.1	59.9	60.3	0.6
00:17:40	73.0	60.5	60.5	60.4	60.4	60.3	60.3	60.4	60.3	60.2	60.1	59.9	60.3	0.6
00:18:00	73.0	60.4	60.6	60.4	60.4	60.3	60.3	60.3	60.2	60.2	59.9	59.7	60.2	0.9
00:18:20	73.0	60.3	60.6	60.4	60.3	60.2	60.3	60.5	60.3	60.2	60.1	59.8	60.3	0.8
00:18:40	73.0	60.4	60.6	60.4	60.2	60.3	60.4	60.5	60.3	60.2	59.9	59.9	60.3	0.7
00:19:00	73.0	60.4	60.6	60.4	60.2	60.3	60.4	60.5	60.3	60.2	59.9	59.9	60.3	0.7
00:19:20	73.0	60.6	60.5	60.5	60.4	60.3	60.6	60.4	60.3	60.2	60.0	60.1	60.4	0.6
00:19:40	73.0	60.6	60.5	60.5	60.4	60.3	60.6	60.4	60.3	60.2	60.0	60.1	60.4	0.6
00:20:00	73.0	60.4	60.5	60.4	60.5	60.2	60.3	60.5	60.3	60.2	60.1	59.9	60.3	0.6
00:20:20	73.0	60.4	60.6	60.5	60.5	60.3	60.4	60.5	60.3	60.2	60.1	60.0	60.3	0.6
00:20:40	73.0	60.4	60.6	60.5	60.5	60.3	60.4	60.5	60.3	60.2	60.1	60.0	60.3	0.6
00:21:00	73.0	60.4	60.7	60.4	60.4	60.2	60.4	60.5	60.3	60.2	60.1	60.0	60.3	0.7
00:21:20	73.0	60.6	60.6	60.5	60.4	60.4	60.6	60.8	60.4	60.2	60.0	60.1	60.4	0.8
00:21:40	73.0	60.6	60.6	60.5	60.4	60.4	60.6	60.8	60.4	60.2	60.0	60.1	60.4	0.8
00:22:00	73.0	60.6	60.6	60.6	60.5	60.5	60.5	60.7	60.4	60.3	60.2	60.0	60.4	0.7
00:22:20	73.0	60.7	60.6	60.6	60.5	60.4	60.5	60.7	60.4	60.3	60.1	60.0	60.4	0.7
00:22:40	73.0	60.6	60.6	60.5	60.5	60.4	60.5	60.7	60.4	60.2	60.2	60.0	60.4	0.7
00:23:00	73.0	60.6	60.6	60.5	60.5	60.4	60.5	60.7	60.4	60.2	60.2	60.0	60.4	0.7
00:23:20	73.0	60.6	60.6	60.5	60.5	60.4	60.6	60.7	60.4	60.3	60.1	60.0	60.4	0.7
00:23:40	73.0	60.6	60.6	60.5	60.5	60.4	60.6	60.7	60.4	60.3	60.1	60.0	60.4	0.7
00:24:00	73.0	60.6	60.6	60.6	60.5	60.5	60.6	60.8	60.5	60.2	60.2	60.0	60.5	0.8
00:24:20	73.0	60.5	60.6	60.5	60.5	60.5	60.4	60.7	60.4	60.3	60.2	60.0	60.4	0.7
00:24:40	73.0	60.5	60.6	60.5	60.5	60.5	60.4	60.7	60.4	60.3	60.2	60.0	60.4	0.7
00:25:00	73.0	60.5	60.7	60.5	60.4	60.4	60.5	60.8	60.5	60.3	60.2	59.9	60.4	0.9
00:25:20	73.0	60.5	60.7	60.5	60.4	60.4	60.5	60.8	60.5	60.3	60.2	59.9	60.4	0.9
00:25:40	73.0	60.6	60.7	60.6	60.5	60.4	60.5	60.7	60.4	60.3	60.1	59.9	60.4	0.8
00:26:00	73.0	60.2	60.5	60.3	60.2	60.2	60.2	60.3	60.1	60.1	59.8	59.8	60.2	0.7
00:26:20	73.0	60.2	60.5	60.3	60.2	60.2	60.2	60.3	60.1	60.1	59.8	59.8	60.2	0.7
00:26:40	73.0	60.3	60.4	60.3	60.2	60.2	60.2	60.4	60.2	60.2	59.9	59.8	60.2	0.6
00:27:00	73.0	60.3	60.4	60.3	60.2	60.2	60.2	60.4	60.2	60.2	59.9	59.8	60.2	0.6
00:27:20	73.0	60.1	60.5	60.3	60.2	60.2	60.3	60.3	60.2	60.2	60.0	60.0	60.2	0.5
00:27:40	73.0	60.1	60.5	60.3	60.2	60.2	60.3	60.3	60.2	60.2	60.0	60.0	60.2	0.5
00:28:00	73.0	60.5	60.4	60.3	60.3	60.1	60.2	60.4	60.2	60.1	59.9	59.9	60.2	0.6
00:28:20	73.0	60.3	60.6	60.3	60.2	60.1	60.4	60.4	60.2	60.2	59.9	59.7	60.2	0.9
00:28:40	73.0	60.3	60.4	60.3	60.3	60.3	60.2	60.4	60.2	60.2	60.0	59.6	60.2	0.8
00:29:00	73.0	60.4	60.5	60.4	60.4	60.2	60.4	60.5	60.3	60.2	59.9	59.8	60.3	0.7
00:29:20	73.0	60.4	60.5	60.4	60.4	60.2	60.4	60.5	60.3	60.2	59.9	59.8	60.3	0.7
00:29:40	73.0	60.5	60.5	60.4	60.4	60.3	60.3	60.4	60.3	60.2	60.1	59.9	60.3	0.6
00:30:00	73.0	60.5	60.5	60.4	60.4	60.3	60.3	60.4	60.3	60.2	60.1	59.9	60.3	0.6
00:30:20	73.0	60.4	60.6	60.4	60.4	60.3	60.3	60.3	60.2	60.2	59.9	59.7	60.2	0.9
00:30:40	73.0	60.3	60.6	60.4	60.3	60.2	60.3	60.5	60.3	60.2	60.1	59.8	60.3	0.8
00:31:00	73.0	60.4	60.6	60.4	60.2	60.3	60.4	60.5	60.3	60.2	59.9	59.8	60.3	0.7
00:31:20	73.0	60.4	60.6	60.4	60.2	60.3	60.4	60.5	60.3	60.2	59.9	59.9	60.3	0.7
00:31:40	73.0	60.5	60.5	60.5	60.4	60.3	60.6	60.4	60.3	60.2	60.0	60.1	60.4	0.8
00:32:00	73.0	60.6	60.5	60.5	60.4	60.3	60.6	60.4	60.3	60.2	60.0	60.1	60.4	0.6
00:32:20	73.0	60.4	60.5	60.4	60.5	60.2	60.3	60.5	60.3	60.2	60.1	59.9	60.3	0.6
00:32:40	73.0	60.4	60.6	60.5	60.5	60.3	60.4	60.5	60.3	60.2	60.1	60.0	60.3	0.6
00:33:00	73.0	60.4	60.6	60.5	60.5	60.3	60.4	60.5	60.3	60.2	60.1	60.0	60.3	0.6
00:33:20	73.0	60.4	60.7	60.4	60.4	60.2	60.4	60.5	60.3	60.2	60.1	60.0	60.3	0.7
<b>T. PROM.</b>	73.0	60.4	60.6	60.4	60.4	60.3	60.4	60.5	60.3	60.2	60.0	59.9	<b>60.3</b>	
<b>T. MAX.</b>	73.0	60.7	60.7	60.6	60.5	60.5	60.6	60.8	60.5	60.3	60.2	60.1		
<b>T. MIN.</b>	73.0	60.1	60.4	60.3	60.2	60.1	60.2	60.3	60.1	60.1	59.8	59.6		
<b>DTT</b>	0.0	0.6	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.2	0.4	0.5		



Tiempo de Calibración : 100 min

**CIT17 - 0116**  
**Certificado de Calibración**

**TERMINOLOGIA EMPLEADA**

- $I_{\text{medio isoterma}}$  = Indicaciones registradas por el dispositivo indicador del equipo calibrado.  
**Temp. prom.** = Temperatura promedio de los 11 termopares para cada instante de tiempo.  
 $\Delta T$  = Diferencia entre máxima y mínima temperaturas para cada instante de tiempo.  
**T. PROM** = Promedio de indicaciones corregidas por termopar durante el tiempo total de prueba.  
**T. MÁX.** = Temperatura máxima para cada termopar durante el tiempo total de prueba.  
**T. MIN.** = Temperatura mínima para cada termopar durante el tiempo total de prueba.  
**DTT** = Desviación de Temperatura en el Tiempo

**RESULTADOS DE LA CALIBRACION**

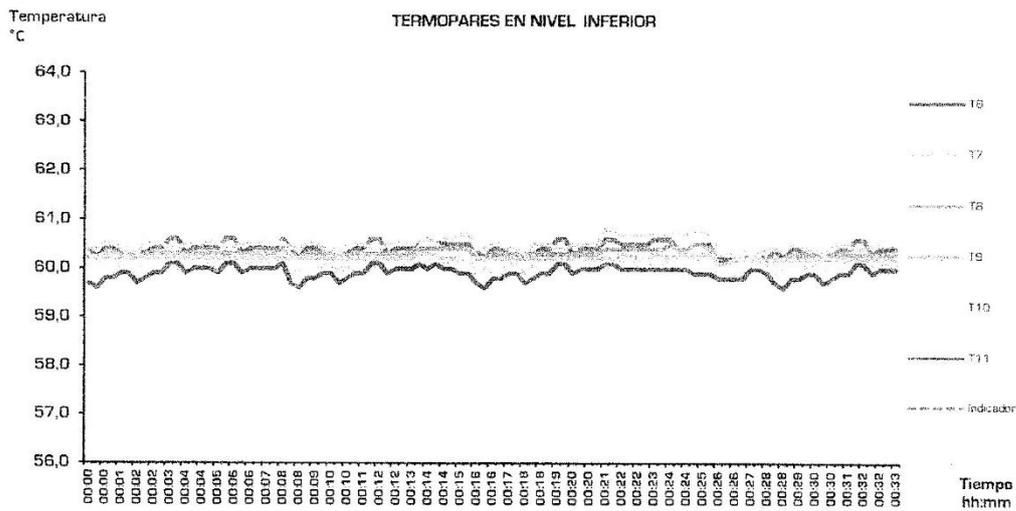
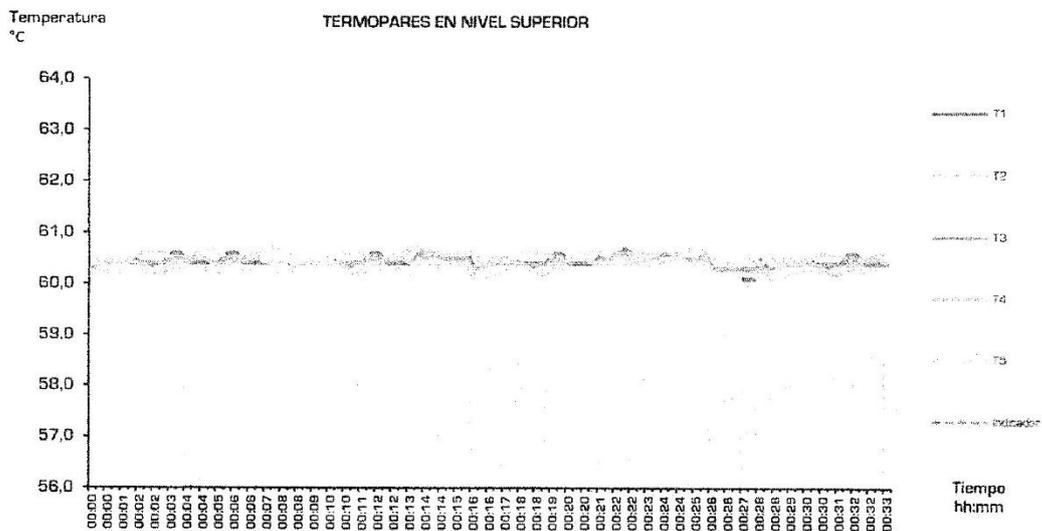
Parámetros	Valor	Incertidumbre Expandida °C
Máxima temperatura registrada durante la calibración	60,80 °C	0,42 °C
Mínima temperatura registrada durante la calibración	59,60 °C	0,42 °C
Desviación de Temperatura en el Espacio (DTE)	0,64 °C	0,03 °C
Desviación de Temperatura en el Tiempo (DTT)	0,60 °C	0,01 °C
Uniformidad	0,90 °C	0,07 °C
Estabilidad ( ± )	0,30 °C	0,004 °C
Valor ajustado en selector del equipo durante la calibración.	73,0 °C	—
Posición del dispositivo de ajuste de agitación	N/A	—



*CIT17 - 0116*  
*Certificado de Calibración*

GRÁFICO DE TEMPERATURA VS. TIEMPO POR CADA TERMOPAR

Temperatura de calibración 60,0 °C



FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG

Jr. Las Grayas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf: 01 6824729/RPC: 992367283, 992019094  
[operaciones@msgperu.com](mailto:operaciones@msgperu.com) / [marketing@msgperu.com](mailto:marketing@msgperu.com) / [ventas@msgperu.com](mailto:ventas@msgperu.com) / [www.msgperu.com](http://www.msgperu.com)

# Certificado de Calibración

## LFP17 - 0164

ORDEN DE TRABAJO : OT17 - 0157

CLIENTE : CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C.

DIRECCION : CALLE LAS HIGUERAS NRO. 204 URB.  
RESIDENCIAL MONTEERRICO LIMA - LIMA - LA  
MOLINA

LUGAR DE CALIBRACION : LABORATORIO DE ASFALTO - CARAPONGO

EQUIPO / INSTRUMENTO DE MEDICION : CELDA DE CARGA DE PRENSA MARSHAL

MARCA : ELE

MODELO : MULTIPLEX 50

NUMERO DE SERIE : 1895 - 5 - 01394

IDENTIFICACION : NO INDICA

FECHA DE CALIBRACION : 2018-07-21

FECHA DE EMISION : 2018-07-25

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Sello



Fecha

2018-07-25



Responsable Técnico

Dante Abelino Pérez

Metrólogo a cargo

Dante Abelino Pérez

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.

Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf: 01 6824729/RPC: 992367283, 992019094  
ventas@msgperu.com / metrologia@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

*Certificado de Calibración*  
**LFP17 - 0164**

**ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL OBJETO CALIBRADO**

PARAMETROS	INDICADOR
Tipo	ANALOGICO
Marca / Modelo	ELE / 88-4400
Serie del Anillo	R3917
Alcance de Escala	0,0 mm a 5,0 mm
División de escala	0,002 mm

**DESCRIPCION DEL PATRON UTILIZADO**

TRAZABILIDAD	Nombre del patrón	Certificado de Calibración N°
MSG / INACAL	DINAMOMETRO ELECTRONICO	LFP17 - 0009

**PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION**

Norma Internacional ISO 7500 - 1 / ISO 376

**CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS**

Temperatura inicial : 18,5 °C      Temperatura final : 18,6 °C  
 Humedad relativa Inicial : 55,0 %      Humedad relativa final : 53,0 %

**TABLA DE CALIBRACIÓN { kg-f }**

y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	378	382	386	391	395	399	403	407	411	415
110	420	424	428	432	436	440	445	449	453	457
120	461	465	470	474	478	482	486	490	494	499
130	503	507	511	515	519	524	528	532	536	540
140	544	548	553	557	561	565	569	573	578	582
150	586	590	594	598	603	607	611	615	619	623
160	627	632	636	640	644	648	652	657	661	665
170	669	673	677	681	686	690	694	698	702	706
180	711	715	719	723	727	731	736	740	744	748
190	752	756	760	765	769	773	777	781	785	790
200	794	798	802	806	810	814	819	823	827	831
210	835	839	844	848	852	856	860	864	869	873
220	877	881	885	889	893	898	902	906	910	914
230	918	923	927	931	935	939	943	947	952	956
240	960	964	969	972	977	981	985	989	993	997
250	1002	1006	1010	1014	1018	1022	1026	1031	1035	1039
260	1043	1047	1051	1056	1060	1064	1068	1072	1076	1080
270	1085	1089	1093	1097	1101	1105	1110	1114	1118	1122
280	1126	1130	1135	1139	1143	1147	1151	1155	1159	1164
290	1168	1172	1176	1180	1184	1189	1193	1197	1201	1205
300	1209	1213	1218	1222	1226	1230	1234	1238	1243	1247
310	1251	1255	1259	1263	1268	1272	1276	1280	1284	1288
320	1292	1297	1301	1305	1309	1313	1317	1322	1326	1330
330	1334	1338	1342	1346	1351	1355	1359	1363	1367	1371
340	1376	1380	1384	1388	1392	1396	1401	1405	1409	1413
350	1417	1421	1425	1430	1434	1438	1442	1446	1450	1454



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG

Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf: 01 6824729 / RPC: 992367283, 992019094  
 msg@msgmulti.com / info@msgmulti.com / ventas@msgmulti.com / www.msgmulti.com

*Certificado de Calibración*  
**LFP17 - 0164**

y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
360	1459	1463	1467	1471	1475	1479	1484	1488	1492	1496
370	1500	1504	1509	1513	1517	1521	1525	1529	1534	1538
380	1542	1546	1550	1554	1558	1563	1567	1571	1575	1579
390	1583	1588	1592	1596	1600	1604	1608	1612	1617	1621
400	1625	1629	1633	1637	1642	1646	1650	1654	1658	1662
410	1667	1671	1675	1679	1683	1687	1691	1696	1700	1704
420	1708	1712	1716	1721	1725	1729	1733	1737	1741	1745
430	1750	1754	1758	1762	1766	1770	1775	1779	1783	1787
440	1791	1795	1800	1804	1808	1812	1816	1820	1824	1829
450	1833	1837	1841	1845	1849	1854	1858	1862	1866	1870
460	1874	1878	1883	1887	1891	1895	1899	1903	1908	1912
470	1916	1920	1924	1928	1933	1937	1941	1945	1949	1953
480	1957	1962	1966	1970	1974	1978	1982	1987	1991	1995
490	1999	2003	2007	2012	2016	2020	2024	2028	2032	2036
500	2041	2045	2049	2053	2057	2061	2066	2070	2074	2078
510	2082	2086	2090	2095	2099	2103	2107	2111	2115	2120
520	2124	2128	2132	2136	2140	2145	2149	2153	2157	2161
530	2165	2169	2174	2178	2182	2186	2190	2194	2199	2203
540	2207	2211	2215	2219	2223	2228	2232	2236	2240	2244
550	2248	2253	2257	2261	2265	2269	2273	2278	2282	2286
560	2290	2294	2298	2302	2307	2311	2315	2319	2323	2327
570	2332	2336	2340	2344	2348	2352	2356	2361	2365	2369
580	2373	2377	2381	2386	2390	2394	2398	2402	2406	2411
590	2415	2419	2423	2427	2431	2435	2440	2444	2448	2452
600	2456	2460	2465	2469	2473	2477	2481	2485	2489	2494
610	2498	2502	2506	2510	2514	2519	2523	2527	2531	2535
620	2539	2544	2548	2552	2556	2560	2564	2568	2573	2577
630	2581	2585	2589	2593	2598	2602	2606	2610	2614	2618
640	2622	2627	2631	2635	2639	2643	2647	2652	2656	2660
650	2664	2668	2672	2677	2681	2685	2689	2693	2697	2701
660	2706	2710	2714	2718	2722	2726	2731	2735	2739	2743
670	2747	2751	2755	2760	2764	2768	2772	2776	2780	2785
680	2789	2793	2797	2801	2805	2810	2814	2818	2822	2826
690	2830	2834	2839	2843	2847	2851	2855	2859	2864	2868
700	2872	2876	2880	2884	2888	2893	2897	2901	2905	2909
710	2913	2918	2922	2926	2930	2934	2938	2943	2947	2951
720	2955	2959	2963	2967	2972	2976	2980	2984	2988	2992
730	2997	3001	3005	3009	3013	3017	3021	3026	3030	3034
740	3038	3042	3046	3051	3055	3059	3063	3067	3071	3076
750	3080	3084	3088	3092	3096	3100	3105	3109	3113	3117
760	3121	3125	3130	3134	3138	3142	3146	3150	3154	3159
770	3163	3167	3171	3175	3179	3184	3188	3192	3196	3200
780	3204	3209	3213	3217	3221	3225	3229	3233	3238	3242
790	3246	3250	3254	3258	3263	3267	3271	3275	3279	3283
800	3287	3292	3296	3300	3304	3308	3312	3317	3321	3325
810	3329	3333	3337	3342	3346	3350	3354	3358	3362	3366
820	3371	3375	3379	3383	3387	3391	3396	3400	3404	3408



PROHIBIDA LA REPRODUCCION DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACION EXPRESA DE MSG

Jr. Las Grayas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf: 01 6824729 / RPC: 992367283 - 992019094

*Certificado de Calibración*  
**LFP17 - 0164**

y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
830	3412	3416	3420	3425	3429	3433	3437	3441	3445	3450
840	3454	3458	3462	3466	3470	3475	3479	3483	3487	3491
850	3495	3499	3504	3508	3512	3516	3520	3524	3529	3533
860	3537	3541	3545	3549	3553	3558	3562	3566	3570	3574
870	3578	3583	3587	3591	3595	3599	3603	3608	3612	3616
880	3620	3624	3628	3632	3637	3641	3645	3649	3653	3657
890	3662	3666	3670	3674	3678	3682	3686	3691	3695	3699
900	3703	3707	3711	3716	3720	3724	3728	3732	3736	3741
910	3745	3749	3753	3757	3761	3765	3770	3774	3778	3782
920	3786	3790	3795	3799	3803	3807	3811	3815	3819	3824
930	3828	3832	3836	3840	3844	3849	3853	3857	3861	3865
940	3868	3874	3878	3882	3886	3890	3894	3898	3903	3907
950	3911	3915	3919	3923	3928	3932	3936	3940	3944	3948
960	3952	3957	3961	3965	3969	3973	3977	3982	3986	3990
970	3994	3998	4002	4007	4011	4015	4019	4023	4027	4031
980	4036	4040	4044	4048	4052	4056	4061	4065	4069	4073
990	4077	4081	4085	4090	4094	4098	4102	4106	4110	4115
1000	4119	4123	4127	4131	4135	4140	4144	4148	4152	4156

$$Y = [4,1563 (X) - 37,555] \text{ [ kg-f ]}$$

Coefficiente de correlación  $R^2$  : 0,9984

Incertidumbre del error de indicación :  $\pm 0,2 \%$  [kg-f]

Y es el valor en kg

X es el número de divisiones leídas en el Dial Indicador

**RECOMENDACIONES**

- No sobre cargar el anillo por encima de su capacidad máxima.
- Realizar la recalibración del anillo según su programa de mantenimiento y/o calibración.
- Por razones de seguridad, colocar los equipos sobre una base sólida y estable de acero o concreto.
- Antes de cada ensayo, verificar con nivel el paralelismo de la base inferior con respecto al cilindro de presión



FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.

Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf: 01 6824729 / R/C: 992367283, 992019094  
 contacto@msgperu.com / info@msgperu.com / ventas@msgperu.com / www.msgperu.com

# Certificado de Calibración

## LEE17 - 0019

ORDEN DE TRABAJO : OT17 - 0157

CLIENTE : CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C.

DIRECCION : CALLE LAS HIGUERAS NRO. 204 URB.  
RESIDENCIAL MONTEERRICO LIMA - LIMA -  
LA MOLINA

LUGAR DE CALIBRACION : LABORATORIO DE ASFALTO - CARAPONGO

EQUIPO : CENTRIFUGA ELECTRICA

MARCA : ELE INTERNATIONAL

MODELO : NO INDICA

NUMERO DE SERIE : NO INDICA

IDENTIFICACION : CCD-12

FECHA DE CALIBRACION : 2018-07-21

FECHA DE EMISION : 2018-07-26

El presente Certificado de Calibración evidencia la trazabilidad del proceso de calibración con patrones Nacionales o Internacionales, los cuales representan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. como organismo de evaluación de la conformidad de tercera parte ejecuta servicios de calibración a la vez que calibra y mantiene sus patrones de referencia con la finalidad de garantizar la trazabilidad de las mediciones.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones, el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición, que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre de la Medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados reportados son válidos para las condiciones y momento en que se realizó la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la recalibración.

MULTI SERVICE GROUP E.I.R.L. no se responsabiliza por cualquier daño derivado del uso inadecuado del equipo calibrado, así como de una incorrecta interpretación de los resultados del presente certificado.

Sello

Fecha

Responsable Técnico

Metrólogo a cargo



2018-07-26

*[Handwritten Signature]*  
Dante W. Abelino Pérez

*[Handwritten Signature]*  
Dante W. Abelino Pérez

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN DE ESTE DOCUMENTO SALVO AUTORIZACIÓN EXPRESA DE MSG.

Jr. Las Gravas Nro. 1853 Urb. Flores 78 - Lima 36 Telf: 01 6824729/RPC: 992367283, 992019094  
[ventas@msgperu.com](mailto:ventas@msgperu.com) / [metrologia@msgperu.com](mailto:metrologia@msgperu.com) / [lab@msgperu.com](mailto:lab@msgperu.com) / [www.msgperu.com](http://www.msgperu.com)

*Certificado de Calibración*  
**LCE17 - 0019**

**ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL OBJETO CALIBRADO**

PARAMETROS	INDICADOR	SELECTOR
TIPO	NO INDICA	ANALOGICO
MARCA / MODELO	NO INDICA	PROPIO DEL EQUIPO
SERIE	NO INDICA	NO INDICA
ALCANCE	NO INDICA	3500 RPM
DIVISION MINIMA	NO INDICA	SIN GRADUACION

**DESCRIPCION DEL PATRON UTILIZADO**

TRAZABILIDAD	Nombre del patrón	Certificado de Calibración N°
INACAL	TACOMETRO DIGITAL PATRON CALIBRADO CONTROL COMPANY	LTF - C - 020 - 2017

**PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION**

PCI - 02 - Procedimiento de calibración de equipos de Rotación - Edic 00

**CONDICIONES AMBIENTALES REGISTRADAS**

Temperatura inicial : 21,0 °C      Temperatura final : 21,0 °C  
 Humedad relativa Inicial : 55,0 %      Humedad relativa final : 55,0 %

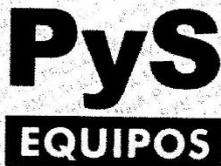
**RESULTADOS DE CALIBRACION**

Valor del Selector	Valor Encontrado RPM	Incertidumbre RPM
Máximo	3385,5	1,5

\*Valores promedio obtenidos en base a 10 repeticiones por cada valor.

FIN DEL CERTIFICADO DE CALIBRACION





LABORATORIO DE METROLOGIA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CTM-0684-2018

Página 1 de 2

Solicitante : CONSTRUCCIONES DELHEAL S.A.C

Dirección : CALLE LAS HIGUERAS N° 204 URB. MONTEERRICO  
- LA MOLINA - LIMA

Instrumento de Medición : **TERMÓMETRO DIGITAL**

Fabricante : **AMARELL**

Modelo : **209430**

Serie : **457**

Procedencia : **Alemania**

Alcance máximo : **-50°C a 200°C**  
**(-58°F a 392°F)**

División Mínima : **0.1° C**

Tipo de Indicación : **Digital**

Lugar de Calibración : **Lab. Metrología de PyS EQUIPOS EIRL**

Fecha de Calibración : **19-09-2018**

Fecha de emisión : **19-09-2018**

Método de calibración empleado  
Tomando como referencia el procedimiento de INDECOPI/SNM PC-017 "procedimiento para calibración de termómetros digitales" 1era edición, Noviembre 2007

### Observaciones

Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO"  
El resultado de cada una de las mediciones en el presente documento es un promedio de tres valores de un mismo punto.  
Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refiere exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto. PyS EQUIPOS EIRL, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento. El usuario es el responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.  
Este presente documento carece de valor sin firmas y sellos

Calle 4, Mz F1 LL. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989  
E-mail: [ventas@pys.pe](mailto:ventas@pys.pe) / [metrologia@pys.pe](mailto:metrologia@pys.pe)  
Web Page: [www.pys.pe](http://www.pys.pe)



"PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

#### TRAZABILIDAD

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de Patrones Nacionales de Temperatura del Servicio Nacional de Metrología SNM-INDECOPI en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP)

#### PATRONES DE REFERENCIA

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia del INACAL	Termómetro de Indicación Digital	LT - 651- 2017

#### RESULTADO DE MEDICION

INDICACIÓN DE TERMÓMETRO (°C)	TEMPERATURA CONVENCIONALMENTE VERDADERA (TCV) (°C)	CORRECCIÓN (°C)	INCERTIDUMBRE (°C)
30,4	30,4	0.0	0.1
50,7	50,8	0.1	0.1
101,2	101,2	0.0	0.1

TCV = Temperatura Convencionalmente Verdadera

#### INCERTIDUMBRE

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1.104-en:2009 (JCGM 104:2009) "Guía para la expresión de incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tomen en cuenta los factores de influencia durante la calibración.

La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre estándar combinada (u) por el factor de cobertura (k).

Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

*E.P.*  
 Revisado por:  
 Eler Pozo S.  
 Dpto. de Metrología

*A.C.E.L.*  
 Calibrado por:  
 Amed Castillo Espinoza  
 Dpto. de Metrología

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31  
 ☎ Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989  
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe  
 Web Page: www.pys.pe



\*PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

**ANEXO N**

**FICHAS TÉCNICAS Y**

**CERTIFICADOS DE CALIDAD DE**

**INSUMOS**

# FICHA TÉCNICA ADITIVO ZYCOTHERM



## FICHA TÉCNICA ADITIVO DE ADHERENCIA ZYCOTHERM

### AYUDA A LA COMPACTACIÓN, AYUDA A LA COBERTURA, Y AYUDA A OBTENER MEZCLAS MAS NEGRAS

La nanotecnología del producto Zycotherm mejora sustancialmente la cobertura del aglutinante asfáltico en los agregados, asegura una óptima compactación, más consistente, eliminando la peladura para obtener pavimentos asfálticos con una mayor vida de servicio.

#### BENEFICIOS DEL ZYCOTHERM

- Mejora la cobertura hasta con temperaturas de 120°C

Humecta y se extiende mejor, aún con un contenido asfáltico más bajo, obteniéndose mezclas más negras y uniformes.

- Reduce la pegajosidad de la mezcla en los volquetes y en los rodillos de compactación hasta con temperaturas de 90°C

El producto captura los asfaltenos pegajosos del ligante en nano-celdas, mejorando la trabajabilidad de la mezcla y reduciendo la adherencia en los camiones y en los rodillos de compactación.

- Mejora la compactación en el campo hasta con temperaturas de 90°C

Este mejor flujo uniforme o trabajabilidad, asegura densidades consistentes en un mismo número de pasadas del rodillo.

- Elimina la peladura

El agua residual presente en el agregado a menor temperatura de mezcla ayuda a promover la reactividad con los agregados, soportando más de seis horas del ensayo de hervido, con un 95% de cobertura retenida.

- Elimina olores

Zycotherm captura todos los compuestos olorosos en nano-celdas.



Av. Larco 1150 Of. 402  
T: T (51-1) 4451966  
C 51) 971354248 RPM #971354248  
E: [achavez@brem.com.ec](mailto:achavez@brem.com.ec)  
W: [www.brem.com.ec](http://www.brem.com.ec)  
Miraflores, Lima - Perú



Zydex Inc.  
106 Kitty Hawk Drive, Morrisville, NC 27560, USA  
Tel.: (919) 342 6551 Fax: (919) 544 3487  
Email: [us.sales@zydexindustries.com](mailto:us.sales@zydexindustries.com)  
[www.zydexindustries.com](http://www.zydexindustries.com)



- **Reduce el consumo de combustible**

Temperaturas de mezcla más bajas en 35°C, ahorran combustible hasta en un 20 - 25%, ayudando en largas distancias de transporte y permitiendo pavimentar en condiciones frías de 0°C - 5°C.

- **Estable en el almacenamiento**

Las mezclas preparadas con ZycoTherm son estables durante 15 días o más y aptas para almacenamiento.

- **Mejora valores TSR (Tracción indirecta) de 80% al 90%**
- **Derrite y mezcla asfaltos endurecidos**

Mejora la fusión y mezcla de asfalto endurecido del RAP / RAS, reduciendo / eliminando el desplazamiento (raveling).

- **Agregados marinados como alternativa a la "cal"**

Agregados difíciles de tratar pueden ser tratados previamente con un riego liviano del producto ZycoTherm como alternativa al uso de cal. ZycoTherm debe ser disuelto en agua (ZycoTherm: 1 kilogramo y Agua: 400 litros), se pulveriza sobre los agregados (5% en peso de los agregados) y se deja secar antes de utilizarlo en la producción de la mezcla asfáltica.

### **DOSIS**

- Asfaltos convencionales (sin modificar): 0,1% en peso del asfalto.
- Asfaltos modificados con polímeros y otros (PMB / CRMB, RAP / RAS): 0,125 hasta 0,15% en peso del ligante asfáltico.

### **ALMACENAMIENTO Y VIDA ÚTIL**

ZycoTherm debe almacenarse entre 5°C - 45°C en un lugar seco y sombreado, alejado del calor, de ignición, fuente de chispas. La lluvia y el agua estancada también debe evitarse. La tapa del recipiente se debe sujetar con seguridad cada vez que se utiliza. Su vida útil es de 24 meses.



Av. Larco 1150 Of. 402  
T: T (51-1) 4451966  
C 51) 971354248 RPM #971354248  
E: [achavez@brem.com.ec](mailto:achavez@brem.com.ec)  
W: [www.brem.com.ec](http://www.brem.com.ec)  
Miraflores, Lima - Perú



Zydex Inc.  
106 Kitty Hawk Drive, Morrisville, NC 27560, USA  
Tel.: (919) 342 6551 Fax: (919) 544 3487  
Email: [us.sales@zydexindustries.com](mailto:us.sales@zydexindustries.com)  
[www.zydexindustries.com](http://www.zydexindustries.com)

# CARTA DE VISCOCIDAD DEL CEMENTO ASFÁLTICO PEN 85/100



## REPORTE DE ANÁLISIS DE CEMENTO ASFALTICO

LOTE No. 85100-001-11-2018

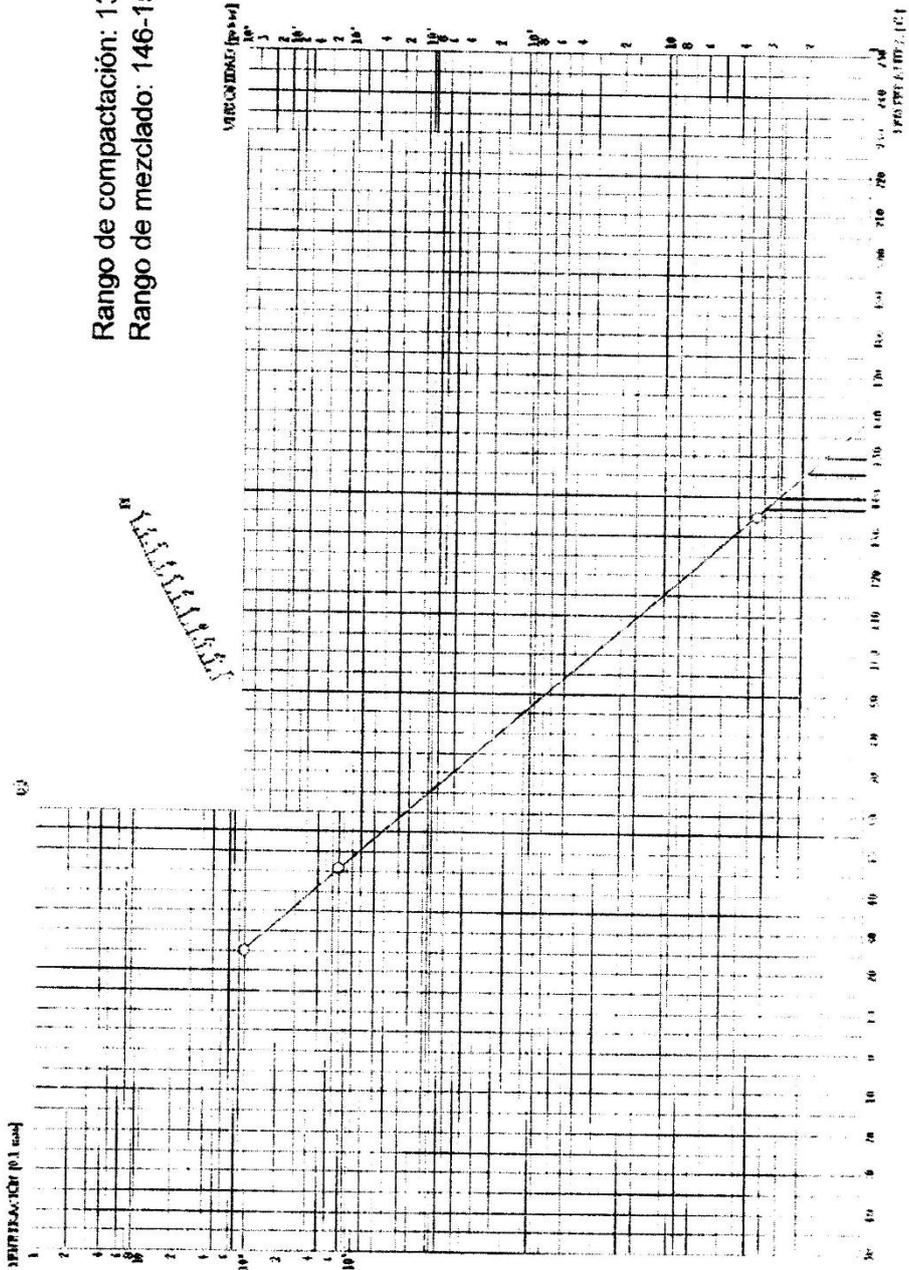
REFINERÍA LA PAMPILLA S.A.A. Carretera a Ventanilla km 25 S/N Ventanilla, Lima – Perú	RECEPCIÓN DE LA MUESTRA 03/11/2018 05:31:19	FECHA DE CERTIFICACIÓN 03/11/2018 23:10:55
PRODUCTO Cemento Asfáltico 85/100	TANQUE 331A	DESTINO DEL PRODUCTO Operaciones de Despacho
PROCEDENCIA Almacenamiento	VOLUMEN CERTIFICADO, m <sup>3</sup> 1500	BUQUE TANQUE
PROPIEDADES	MÉTODOS ASTM/OTROS	RESULTADOS
<b>PENETRACIÓN</b>		
Penetración a 25 °C, 100 g, 5 s, 1/10 mm	D 5 / AASHTO T 49	97
<b>DUCTILIDAD</b>		
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51	> 105
<b>VOLATILIDAD</b>		
Gravedad Especifica a 15.6 °C/15.6°C	D 70 / AASHTO T 228	1.0192
Punto de Inflamación, °C	D 92 / AASHTO T 48	293.0
Gravedad API, °API	D 70 / AASHTO T 228	7.3
<b>FLUIDEZ</b>		
Punto de Ablandamiento, °C	D 36	45.7
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt	D 445	2471
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt	D 2170 / AASHTO T 201	329
<b>ENSAYOS DE PELÍCULA FINA</b>		
Pérdida por Calentamiento, %m	D 1754 / AASHTO T 179	0.24
Penetración retenida, 100g, 5s, 1/10 mm, % del original	D 5 / AASHTO T 49	83.0
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51	129.6
<b>SOLUBILIDAD</b>		
Solubilidad en tricloroetileno, % m	D 2042 / AASHTO T 44	99.87
<b>OTROS</b>		
Índice de Penetración	UNE 104-281 / 1-5	-0.8
Ensayo de la Mancha (Nafta-Xileno)	AASHTO T102	20% xileno, negativo
<b>OBSERVACIONES:</b>		
Producto cumple con las especificaciones ASTM D845, AASHTO M 20-70 y Norma Técnica Peruana NTP 321.051		
<b>DISTRIBUCIÓN :</b> Original : Operaciones de despacho Copia 1: Movimiento de Productos Copia 2: Laboratorio	<b>FECHA DE EMISIÓN</b>  03/11/2018	<b>LABORATORIO</b>   Cecilia Posadas Jhong Jefe de Laboratorio

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN PARCIAL

**Cemento Asfáltico 85/100**  
**85/100-001-11-2018**



Rango de compactación: 137-140 °C  
 Rango de mezclado: 146-150 °C



República Dominicana  
 Instituto Tecnológico



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE  
*La Escuela de Ingeniería Civil*

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

*CASTILLO MEYRA, DARWIN ERNESTO*

INFORME TITULADO:

*MITIGACIÓN DEL AHUELLAMIENTO, USANDO EL MÉTODO MARSHALL Y  
GRANULOMETRÍA SUPERADNE EN LA CARPETA ASFÁLTICA, DEL TADMO:  
LA OROYA - TAJUA, 2018*

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

*Ingeniero Civil*

SUSTENTADO EN FECHA: *04/12/2018*

NOTA O MENCIÓN :

*15 (QUINCE)*

Firma del Coordinador de Investigación de  
Ingeniería Civil



 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo, Villegas Martinez Carlos Alberto.....

Docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, sede Lima Norte), revisor(a) de la tesis titulada:

**“Mitigación del Ahuellamiento, usando el método Marshall y granulometría SUPERPAVE en la carpeta asfáltica, del tramo: La Oroya – Jauja, 2018”**

del (de la) estudiante: Darwin Grabiell Castillo Neyra

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22 % verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha Los olivos, 09 de diciembre de 2018.



Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente:

Carlos Alberto Villegas Martinez.....

DNI: 08504235.....

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo Darwin Grabiell Castillo Neyra, identificado con DNI N° 45527714,

Egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo, autorizo (X), No autorizo ( ) la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

**“Mitigación del Ahuellamiento, usando el método Marshall y granulometría SUPERPAVE en la carpeta asfáltica, del tramo: La Oroya – Jauja, 2018”;**

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....

.....

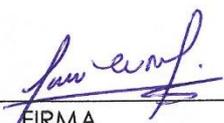
.....

.....

.....

.....

.....


---

FIRMA

DNI: 45527714

FECHA: 05. de Diciembre del 2018

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

### PROYECTO DE TESIS:

"Mitigación del Ahuellamiento, usando el método Marshall y granulometría SUPERPAVE en la carpeta asfáltica, del tramo: La Oroya - Jauja, 2018"

**AUTOR:**  
Darwin Gabriel Castillo Neyra

**ASESOR:**  
Mg. Carlos Alberto Villegas Martínez

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**  
Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA - PERÚ**  
2018

Página: 1 de 108    Número de palabras: 25798

**Resumen de coincidencias**

Se están viendo fuentes estándar

Ver Fuentes en Inglés (Beta)

Coincidencias

1	Entregado a Universida...	3 %
2	pirhua.udep.edu.pe	2 %
3	es.slicedshare.net	2 %
4	www.biblioteca.udep.e...	2 %
5	www.slicedshare.net	1 %
6	Entregado a Universida...	1 %
7	repositorio.unc.edu.pe	1 %
8	repositorio.ucv.edu.pe	1 %
9	www.dspace.uce.edu.ec	1 %
10	documents.mx	1 %

*Handwritten signature and date: Darwin Castillo Neyra 16.12.2018*