



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**"Influencia de la cáscara de huevo en mezclas asfálticas con  
agregados de Cantera San Martín-Kilómetro 6+00, Carretera  
Central-Ate, 2023"**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
Ingeniero Civil**

**AUTOR :**

Rojas Porras, Jhostin David (orcid.org/0000-0001-5263-0600)

**ASESOR:**

Mtro. Medrano Sanchez, Emilio José (orcid.org/0000-0003-0002-5876)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2023

## DEDICATORIA

Dedico esta tesis con mucho honor a mi madre cristina porras y a mis hermanos Lady y Jadir por todo el apoyo que me han brindado. A mis abuelos Visitacion Romero y Pablo Shulla este logro también es de ustedes quienes han sido pilares en todo mi camino estudiantil.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por darme una madre ejemplar, quien me dio el aliento para seguir adelante y no rendirme en mi camino estudiantil.

## Índice de contenidos

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vii
RESUMEN .....	viii
ABSTRACT .....	ix
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	6
III. METODOLOGÍA.....	20
3.1 Tipo y Diseño De investigación .....	20
3.2 Variables y Operacionalización .....	20
3.3 Población, muestra y muestreo.....	22
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	23
3.5 Procedimientos .....	25
3.6 Método de análisis de datos.....	31
IV. RESULTADOS.....	32
V.DISCUSIÓN .....	56
VI. CONCLUSIONES .....	62
VII. RECOMENDACIONES.....	64
REFERENCIAS.....	65
ANEXOS	

## Índice de tablas

Tabla 1. Propiedades físicas de la cáscara de huevo .....	10
Tabla 2. Composición química del polvo de cascara de huevo.....	11
Tabla 3. Granulometría del polvo de cascara de huevo .....	33
Tabla 4. Peso específico de la cáscara de huevo .....	34
Tabla 5. Granulometría global de la MAC Patrón.....	35
Tabla 6. Granulometría global de la MAC con 0.5% de CH .....	37
Tabla 7. Granulometría global de la MAC con 1% de CH .....	38
Tabla 8. Granulometría global de la MAC con 1.5% de CH .....	39
Tabla 9. Resultados de los pesos específicos.....	40
Tabla 10. Resultados del CA óptimo .....	41
Tabla 11. Resultados de flujo. ....	42
Tabla 12. Resultados de estabilidad .....	43
Tabla 13. Resultados del porcentaje de vacíos.....	44
Tabla 13. Resultados de resistencia a compresión .....	45
Tabla 14. Prueba de normalidad – flujo.....	47
Tabla 15. Prueba de Levene – flujo.....	47
Tabla 16. Prueba de ANOVA – flujo.....	48
Tabla 17. Prueba Post-Hoc de Tukey – flujo.....	48
Tabla 18. Prueba HDS Tukey – flujo .....	49
Tabla 19. Prueba de normalidad – estabilidad .....	50
Tabla 20. Prueba de Levene – estabilidad .....	50
Tabla 21. Prueba de ANOVA – estabilidad .....	50
Tabla 22. Prueba Post-Hoc de Tukey – estabilidad .....	51
Tabla 23. Prueba HDS Tukey – estabilidad.....	52
Tabla 24. Prueba de normalidad – resistencia a compresión.....	52

Tabla 25. Prueba de Levene – resistencia a compresión.....	53
Tabla 26. Prueba de ANOVA – resistencia a compresión.....	53
Tabla 27. Prueba Post-Hoc de Tukey – resistencia a compresión.....	54
Tabla 28. Prueba HDS Tukey – resistencia a compresión.....	55

## Índice de figuras

Figura 1. Sección típica de un pavimento asfáltico .....	10
Figura 2. Estructura de la cáscara de huevo .....	12
Figura 3. Proceso de autoproducción en el laboratorio .....	12
Figura 4. Eliminación de membranas mediante solución de NaCl. ....	13
Figura 5. Cemento asfáltico.....	14
Figura 6. Curva de estabilidad vs contenido de asfalto .....	15
Figura 7. Curva de flujo vs contenido de asfalto.....	16
Figura 8. Equipo Marshall .....	18
Figura 9. Procedimiento de obtención del polvo de cáscara de huevo .....	26
Figura 10. Cuarteo de agregados.....	26
Figura 11. Ensayo de granulometría .....	27
Figura 12. Ensayos de gravedad específica de agregados.....	28
Figura 13. Calentamiento del asfalto .....	29
Figura 14. Compactación y obtención de briquetas .....	29
Figura 15. Ensayo Marshall.....	30
Figura 16. Flujograma de procedimiento .....	31
Figura 18. Curva granulométrica de la cáscara de huevo. ....	34
Figura 19. Curva granulométrica de la combinación de agregados. ....	36
Figura 20. Curva granulométrica MAC con 0.5% de cáscara de huevo. ....	37
Figura 21. Curva granulométrica de la MAC con 1% de cáscara de huevo .....	38
Figura 22. Curva granulométrica de la cáscara de huevo. ....	39
Figura 23. Curva granulométrica de la cáscara de huevo. ....	40
Figura 24. Porcentaje de CH vs Flujo.....	42
Figura 25. Porcentaje de CH vs estabilidad .....	44
Figura 26. Porcentaje de CH vs porcentaje de vacíos .....	45
Figura 27. Porcentaje de CH vs resistencia a compresión .....	46

## RESUMEN

La presente tesis titulada “Influencia de la cáscara de huevo en mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00, Carretera Central-Ate, 2023” planteó como objetivo general determinar la influencia de la cáscara de huevo en las mezclas asfálticas con agregados de Cantera San Martín ubicada en el Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023. La metodología pertenece al tipo aplicada con diseño cuasi experimental, empleada en una muestra que comprende a los agregados extraídos de la cantera San Martín, dicha extracción se hará mediante la excavación de 3 calicatas. Se determinó las proporciones adecuadas para elaborar las mezclas asfálticas en caliente sustituyendo el peso del agregado fino por cáscara de huevo en la mezcla, en porcentajes de 0%, 0.5%, 1% y 1.5%, obteniéndose 4 diseños. Los resultados indicaron que la cantidad óptima del aditivo natural fue 1% presentando una gradación continua, flujo de 3.2 mm, estabilidad 1125 kg y resistencia a compresión 38 kg/cm<sup>2</sup>. Por lo cual se concluyó que la adición de cáscara de huevo influye favorablemente en las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023; mostrando un incremento en el flujo, la estabilidad y la resistencia a compresión.

**Palabras clave:** Asfalto, cáscara de huevo, agregados, estabilidad, fluencia, resistencia.

## ABSTRACT

The present thesis entitled "Influence of eggshell in asphalt mixtures with aggregates from the San Martin Quarry-Kilometer 6+00, Central-Ate Highway, 2023" had the general objective of determining the influence of eggshell in asphalt mixtures with aggregates from the San Martin Quarry located at Kilometer 6+00 of the Central-Ate Highway, 2023. The methodology belongs to the applied type with quasi-experimental design, used in a sample comprising aggregates extracted from the San Martin quarry, such extraction will be done by excavating 3 pits. Adequate proportions were determined to prepare hot asphalt mixtures by substituting the weight of fine aggregate for eggshell in the mixture, in percentages of 0%, 0.5%, 1% and 1.5%, obtaining 4 designs. The results indicated that the optimum amount of the natural additive was 1%, presenting a continuous gradation, flow of 3.2 mm, stability 1125 kg and compressive strength 38 kg/cm<sup>2</sup>. Therefore, it was concluded that the addition of eggshell has a favorable influence on asphalt mixtures with aggregates from the San Martin Quarry-kilometer 6+00 of the Central-Ate Highway, 2023; showing an increase in flow, stability and compressive strength.

**Keywords:** Asphalt, eggshell, aggregates, stability, creep, resistance.

## I. INTRODUCCIÓN

La realidad problemática que se abordó en el presente estudio tuvo su origen en la calidad de las mezclas asfálticas utilizadas en el Kilómetro 6+00 de la Carretera Central del distrito de Ate Vitarte. Esta baja calidad generó como consecuencia que su durabilidad sea mucho menor que la esperada, presentando fallas graves tales como grandes grietas o fisuras y hundimientos, lo cual genera un peligro latente. Lo manifestado de forma previa genera necesidad de proponer mejoras a la mezcla asfáltica en lo que respecta a su estabilidad, flujo y resistencia con el propósito de que el pavimento en el cual sea empleada tenga una mayor vida útil. Por lo cual, para resolver dicha problemática expuesta, se propuso el uso de nuevos elementos de procedencia orgánica; como es la cáscara de huevo, que tiene características importantes como la flexibilidad y la capacidad de recuperación, elementos que contribuirán al mejoramiento de mezclas asfálticas.

Por lo expuesto, a nivel internacional, en la ciudad de Bagdad, Irak, ante la problemática de la deficiente calidad de las mezclas asfálticas, Razzaq et. al. (2018), en su artículo científico, los investigadores realizaron una serie de pruebas mecánicas en asfalto virgen y modificado mediante la adición de polvo de cáscara de huevo en adiciones de 3%, 5%, 7%, 10% y 15% en relación al peso de asfalto, con lo cual, se obtuvo como resultados que los porcentajes óptimos de adición son 3%, 5%, 7%, demostrando un aumento de la estabilidad con valores de 10.97, 11.41, 11.65 KN, respectivamente y el flujo con valores de 3, 3.1 y 3.1mm, respectivamente, a medida que aumentaba la proporción de cáscara de huevo, demostrando que esta puede incluirse eficazmente en el cemento asfáltico, logrando así solucionar la problemática. Por otro lado, en la ciudad de Kerala, India, los investigadores Margret y Bindu (2022), publicaron un artículo denominado "Investigación de mezcla asfáltica templada con líquido de cáscara de anacardo: una mezcla ecológica sostenible". De esta forma, buscaban, aprovechar la eficacia del líquido de cáscara de anacardo, con excelentes propiedades antioxidantes y antideslizantes, para adicionarlo a las mezclas asfálticas calientes. Producto de los ensayos de laboratorio, obtuvieron resultados favorables al añadirla en 2% respecto

al peso del betún. Por tanto, verificaron que las muestras modificadas reducían la profundidad del ahuellamiento en un 42,4% y además exhibían un incremento de la resistencia del 18,07% respecto a la mezcla convencional. Con los resultados obtenidos, los investigadores lograron superar los principales problemas en la mezcla asfáltica, determinando que, los beneficios potenciales de la cáscara de anacardo actúan como un aditivo eficaz. Otra forma de resolver el problema de durabilidad de la mezcla asfáltica, con la incorporación de residuos orgánicos, lo plantean, Tessema et. al. (2022), en su investigación sustituyo el polvo de piedra triturada de la mezcla asfáltica por ceniza de cáscara de café en porcentajes del 25%, 50%, 75% y 100%. Los resultados indicaron que, para un contenido óptimo de asfalto (5,57%) y una tasa de llenado al 75% de sustitución del polvo de piedra triturada por ceniza de cáscara de café la estabilidad, flujo, vacíos de aire y vacíos en la mezcla total, tenían valores de 16,820 kN, 4,983 mm, 4,435%, y 73,717%, respectivamente, así también los valores de estabilidad retenida aumentaban con el aumento del contenido de bitumen.

A nivel nacional, frente al problema de la escasa calidad en mezclas asfálticas, Ruiz et. al. (2020), investigaron en la ciudad de Piura y publicaron el artículo científico denominado “Evaluación en laboratorio de conchas marinas utilizadas como árido fino en mezclas bituminosas en caliente”. Los investigadores utilizaron polvo de conchas marinas para adicionar a la mezcla asfáltica. Con lo cual lograron mejorar la resistencia a tracción mostrando un valor máximo de 2.8 Mpa, en comparación de la muestra patrón, donde la partícula de concha marina óptima fue de 2.36 mm, solucionando el problema de calidad en mezclas asfálticas, al determinar que, la sustitución del árido fino por conchas marinas incrementa sus propiedades mecánicas. Por otro lado, y frente al problema de agujeros, grietas, socavones, en los pavimentos, López et. al. (2022), en su artículo, realizado en la ciudad de Lima, denominado “Evaluación del efecto del dióxido de titanio en mezclas bituminosas en caliente para pavimentos flexibles a altas temperaturas”, utilizaron el dióxido de titanio en una mezcla con emulsión asfáltica modificada con polímero SBS para mejorar su estabilidad a altas temperaturas. Los resultados fueron prometedores debido a que, el contenido óptimo de aditivo en reemplazo del agregado fino fue de 3%, ya que, al añadir dióxido de titanio los valores de abrasión y rueda cargada

mejoraron debido a la mayor presencia de finos en la mezcla. Donde la resistencia a compresión aumentó presentando un valor de 6.05 Mpa. Dando una opción de solución ante la problemática ya que el aditivo mejoró las propiedades de las mezclas asfálticas. Complementariamente, en la ciudad de Chiclayo, los investigadores Muñoz y Onofre (2021), publicaron su artículo denominado “Uso de asfalto reciclado como árido para mezclas asfálticas”, con el objetivo de establecerlo como posible solución a los problemas del rendimiento, vida útil, resistencia a la fatiga, al ahuellamiento y al agrietamiento en mezclas asfálticas. Para lograr su meta, utilizaron diferentes proporciones de asfalto reciclado como adición en la mezcla asfáltica. Donde los resultados demostraron que la estabilidad con 20% de aditivo en reemplazo del árido fino, tuvo como aumento máximo de 5% (1874 kg) y flujo 3% (4.61mm), en comparación de la mezcla convencional. Consiguiendo de esa forma obtener un mayor rendimiento de la mezcla final resultante, pues esta mostró una mejora en sus propiedades como el rejuvenecimiento, resistencia a la fatiga, al ahuellamiento. Asimismo, Mariano (2021), en su tesis de maestría buscó una solución al problema de desgaste común en los pavimentos, con la inclusión de nuevos diseños alternativos de mezclas asfálticas reutilizando materiales orgánicos con buenas características, obteniendo un menor escurrimiento, mayor flujo (12 mm) y estabilidad (1200 kg), menor adherencia. Sin embargo, no se llegó a solucionar el problema de daño por humedad, con las fibras usadas. Siguiendo con el uso de materiales naturales para mejorar las mezclas asfálticas, Mamani (2018), en Lima, realizó su tesis de maestría donde demostró que la zeolita natural en valores de 0.3%, 0.6% a 0.9% del peso de la mezcla logran disminuir considerablemente la temperatura de mezclado y compactación. Además, el porcentaje óptimo de adición fue 0.6%, mostrando valores de flujo y estabilidad de 3.82 mm y 1142 kg, respectivamente.

En relación a lo expuesto, sobre la realidad problemática y, la forma como diferentes investigadores han planteado propuestas para resolverlo, la presente investigación plantea el siguiente problema general: ¿Como influye la cáscara de huevo en las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023? Así, utilizando los indicadores de la matriz de consistencia, se plantean los siguientes problemas específicos: ¿De qué manera

influye la adición de cáscara de huevo en la granulometría de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023?, ¿Cuál es el efecto de la adición de cáscara de huevo en el flujo de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023?, ¿Cómo influye la adición de cáscara de huevo en la estabilidad de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023?, ¿Cómo influye la adición de cáscara de huevo en la resistencia de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023?

En referencia a la justificación de la investigación, esta se justificó de forma ambiental debido a que se emplea la cáscara de huevo; residuo que mayormente se desecha, logrando, con su uso, al encontrarle un segundo uso, aprovechando sus propiedades naturales intrínsecas, en favor de las mezclas asfálticas. Por otro lado, socialmente se justificó porque al darle un nuevo uso a la cáscara de huevo se logrará beneficiar a los pobladores del Lima, pues se generará fuentes de trabajo para la recolección de dicho residuo y la mano de obra en cuanto a la limpieza y secado para su posterior uso en la mezcla asfáltica, todo ello mediante previa coordinación y capacitación por personal calificado. Por último, económicamente se justificó porque reducirá costos en la producción de mezclas asfálticas pues al reemplazar un material de considerable costo como es el cemento asfáltico, por un material que se obtiene de los residuos se busca generar ahorro en el presupuesto. Asimismo, generará mayores ingresos a quienes se dedican a la industria de la avicultura por la venta de dichos residuos.

De lo descrito anteriormente se pudo plantear el objetivo general que fue, determinar la influencia de la cáscara de huevo en las mezclas asfálticas con agregados de Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023. En relación a ello, los objetivos específicos fueron: Evaluar la influencia de la adición de cáscara de huevo en la granulometría de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín- Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023. Determinar el efecto de la adición de cáscara de huevo en el flujo de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023. Determinar la influencia de la adición de cáscara de

huevo en la estabilidad de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023. Determinar la influencia de la adición de cáscara de huevo en la resistencia de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023.

De lo anterior se desprendió la hipótesis general planteada que fue la siguiente: La cáscara de huevo influye favorablemente en las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023. Asimismo, las hipótesis específicas fueron: La adición de cáscara de huevo influye favorablemente en la granulometría de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023. La adición de cáscara de huevo tiene efectos significativos al optimizar el flujo de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023. La adición de cáscara de huevo influye positivamente al incrementar la estabilidad de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023. La adición de cáscara de huevo influye favorablemente incrementando la resistencia de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023.

## II. MARCO TEÓRICO

A nivel internacional, los investigadores, Binti y Khairul (2015), desarrollaron en la ciudad de Johor, Malasia, un artículo científico titulado “La idoneidad de la cáscara de huevo como relleno en las mezclas bituminosas en caliente” y plantearon como objetivo analizar el impacto del empleo de cáscaras de huevo como relleno en la MAC. La metodología que plantearon fue una de tipo experimental, que especificaba el contenido óptimo de betún y de cáscara de huevo para porcentajes de 0%, 1%, 3% y 5%. Posteriormente y producto de los ensayos de laboratorio, encontraron que, las muestras modificadas tenían un contenido efectivo de cáscara de huevo del 5 %, pues, respecto a la granulometría global cumplieron con los límites máximos y mínimos donde el tamaño máximo nominal fue de 14 mm donde el primer peso retenido tuvo un peso de 60g (5%). Además, aumentaron su estabilidad teniendo un máximo valor de 990 kg, con una fluencia de 3.15 mm y su resistencia a compresión simple con un valor máximo de 6 Mpa. Ello permitió concluir que la cáscara de huevo es uno de los componentes que pueden utilizarse, en dichos porcentajes, para sustituir parcialmente al cemento Portland en las mezclas asfálticas.

Siguiendo con el uso del mismo material orgánico, en la ciudad de Xuzhou, China, Huang et. al. (2022), realizaron un artículo donde se plantearon como objetivo de evaluar la eficacia del uso de polvo de cáscara de huevo como biomodificador para el ligante y la mezcla asfáltica, teniendo en cuenta la trabajabilidad y las cualidades mecánicas. La metodología fue experimental, investigando los efectos de diferentes dosis de polvo de cáscara de huevo, 3%, 6%, 9% y 12%, sobre la trabajabilidad, el ahuellamiento y el daño por humedad del ligante asfáltico y de la mezcla, comprobando la viscosidad, la recuperación del flujo por esfuerzos múltiples y la fuerza de adhesión. A continuación, las mezclas asfálticas se sometieron a índices de densificación giratoria Superpave (técnica de punto bloqueado), seguimiento de ruedas y pruebas de resistencia a la tracción indirecta (Lottman modificado). Teniendo como resultados que la adición de polvo de cáscara de huevo en la gradación global cumplió al estar dentro de los límites granulométricos, además, en la mezcla asfáltica, endureció el ligante asfáltico, disminuyó el flujo (4.05 mm), aumentó la estabilidad (1702 kg). Asimismo, disminuyó la trabajabilidad de las

mezclas asfálticas, pero aumentó su resistencia a compresión llegando a un valor máximo de 5.06 Mpa. Concluyendo que adición de dicho aditivo natural mejora las propiedades de las mezclas asfálticas.

Con el mismo aditivo orgánico, Nejres et. al. (2022), desarrollaron en la ciudad de Bagdad, Irak, un artículo científico donde plantearon como objetivo mejorar las propiedades reológicas del asfalto natural mediante la adición de polvo de cáscara de huevo y polietileno de baja densidad. La metodología que plantearon fue una de tipo experimental, donde se aislaron cáscaras de huevo libres de membranas, se secaron en un horno a 100°C, se molieron y tamizaron para obtener un polvo con un tamaño granular de 100  $\mu\text{m}$ , y a continuación se realizaron pruebas térmicas y físicas (penetración, ductilidad, viscosidad y el ensayo Marshall). Los resultados indicaron que la adición adecuada fue de 15% de cáscara de huevo y el 8% polietileno de baja densidad, pues la mezcla tuvo una granulometría continua, mostrando una estabilidad de 1970 kg y flujo de 7,25 mm, así como se demostró el aumento de la resistencia y, por ende, la reducción de la penetración, en consecuencia, a medida que aumenta la cantidad de aditivos, también lo hace la viscosidad de la mezcla asfáltica. En conclusión, la incorporación de ambos aditivos mejoró las propiedades. En cuanto a las propiedades, los aditivos pueden mejorar la estabilidad de las mezclas preparadas al reordenar su estructura y mejorar la fuerza de cohesión entre sus moléculas constructoras.

Así también, Tessema et al. (2022), en Tabor, Etiopía, realizaron un artículo donde plantearon como objetivo investigar el uso de la ceniza de cáscara de café como mineralizante en las mezclas bituminosas en caliente. Los investigadores utilizaron polvo de piedra triturada en cuatro proporciones distintas de 5,5%, 6,5%, 7,5% y 8%. Posteriormente calcularon el contenido ideal de betún de las muestras y el valor de estabilidad Marshall. Eligiendo la serie de asfalto al 6,5%, debido a que ofreció la mayor estabilidad y se sustituyó en porcentajes del 25%, 50%, 75% y 100%. Los resultados indicaron que, para la estabilidad, el flujo y los vacíos de aire y una tasa de llenado óptima al 75% de sustitución del polvo de piedra triturada por ceniza de cáscara de café, tenían valores de 16,820 kN, 4,983 mm, 4,435%, respectivamente. Así también los valores de estabilidad retenida aumentaban con el aumento del

contenido de betún. Concluyendo que su adición inducía a la mejora de la mezcla asfáltica.

A nivel nacional, Ruiz et. al. (2020), en Piura, Perú, realizaron un artículo llamado “Evaluación en laboratorio de conchas marinas utilizadas como árido fino en mezclas bituminosas en caliente”, donde plantearon como objetivo investigar las propiedades de las mezclas de HMA con conchas marinas, mediante el método experimental, utilizando pruebas de resistencia a la tracción indirecta, compresión, deformación permanente y susceptibilidad a la humedad. Los resultados indicaron que tamaños de diámetro de las partículas de concha marina de 2,36 mm produjeron los valores más altos de resistencias, hubo un aumento de los valores de la resistencia a tracción del 262% con un valor máximo de 2.8 Mpa y a la compresión del 120% con un valor máximo de 7 Mpa. Concluyendo que, las conchas marinas pueden ser utilizadas como agregado fino pues mejoran las resistencias, la deformación permanente de la mezcla y reducen la susceptibilidad a la humedad en comparación con la convencional.

Siguiendo con el uso de materiales naturales para mejorar las mezclas asfálticas, Mamani (2018), en Lima, realizó su tesis de maestría, donde planteó el objetivo de evaluar las incidencias de dicha adición en el desempeño de la mezcla asfáltica, usando la experimentación mediante ensayos, tomando como indicadores la densidad, estabilidad Marshall, tracción indirecta y módulo resiliente, aplicando la metodología de diseño experimental. Obteniendo como resultado la zeolita natural en porcentaje de 0.6% respecto al peso del asfalto, tuvo el mejor comportamiento pues tuvo una granulometría global continua con un tamaño máximo nominal de  $\frac{1}{2}$ ” mostrando un porcentaje de 87.8% respecto al primer retenido, además aumenta la estabilidad (1142 kg) y fluencia (3.82 mm). En conclusión, que la zeolita natural mejoró las propiedades de la mezcla asfáltica.

Por otro lado, López et. al. (2022), en su artículo, realizado en Lima, denominado “Evaluación del efecto del dióxido de titanio en mezclas bituminosas en caliente para pavimentos flexibles a altas temperaturas”, propusieron el objetivo de analizar el uso de dióxido de titanio en una mezcla con emulsión asfáltica modificada con

polímero SBS para mejorar su estabilidad a altas temperaturas. Utilizando un método experimental, realizaron ensayos de abrasión en húmedo, rueda cargada y toma de datos de temperatura. Los resultados indicaron que, al añadir dióxido de titanio en un valor del 3% en masa de árido, la granulometría estuvo dentro de los límites máximos y mínimos, los valores de abrasión y rueda cargada mejoraron debido a la mayor presencia de finos en la mezcla, además, la resistencia a la compresión simple tuvo un máximo valor de 6.05 Mpa, es decir mostró un aumento del 45% en comparación con la mezcla convencional.

De otra manera, Muñoz y Onofre (2021), en Chiclayo, realizaron el artículo “Uso de asfalto reciclado como árido para mezclas asfálticas”, con el objetivo utilizar diferentes proporciones de asfalto reciclado como adición en la mezcla asfáltica. Empleando un método experimental de enfoque cuantitativo. Los resultados muestran que la proporción con 20% de adición de asfalto reciclado presentaron la mejor resistencia mecánica de tracción y compresión; 3.2 Mpa y 5.7 Mpa, respectivamente; permitiendo la aplicación de cantidades crecientes de asfalto reciclado, hasta el 60%. Por otro lado, en la prueba de Marshall se encontró que la estabilidad máxima tuvo un valor de 1874 kg y el flujo máximo fue de 4.61 mm. Con lo cual concluyeron que, se consiguió solucionar la problemática al obtener un mayor rendimiento de la mezcla final resultante.

Por otro lado, Mariano (2021), en Lima, realizó su tesis de maestría, en donde planteó el objetivo de diseñar una mezcla asfáltica con fibra y ceniza del bagazo de caña de azúcar, a través de ensayos de laboratorio”. Empleando un método deductivo, diseño experimental y enfoque cuantitativo. Los resultados indicaron como el diseño óptimo era de 7% de asfalto, 0.3% de fibra y 6% de ceniza, donde los resultados indicaron un, mayor flujo con un valor de 14.2 mm, menor estabilidad con un valor de 1200 kg (17.25% menor que la mezcla convencional) y menor resistencia mostrando un valor de 336.1 N (30.38% menor que la convencional).

En relación a los fundamentos teóricos, se define la teoría de los pavimentos flexibles, los cuales; poseen un revestimiento de asfalto sobre base granular (Norma Técnica CE. 010, 2018). Asimismo, se llama flexible porque, cuando se

expone a una carga, experimenta una deformación seguida de una recuperación elástica completa. El pavimento asfáltico consiste en una estructura de tres capas, cuya capa superior es el hormigón asfáltico. El concreto asfáltico se compone de un aglutinante, que suele ser asfalto, un subproducto del refinado del petróleo, y de agregados pétreos; materiales granulares y tierra (Villafana y Ramírez, 2019).

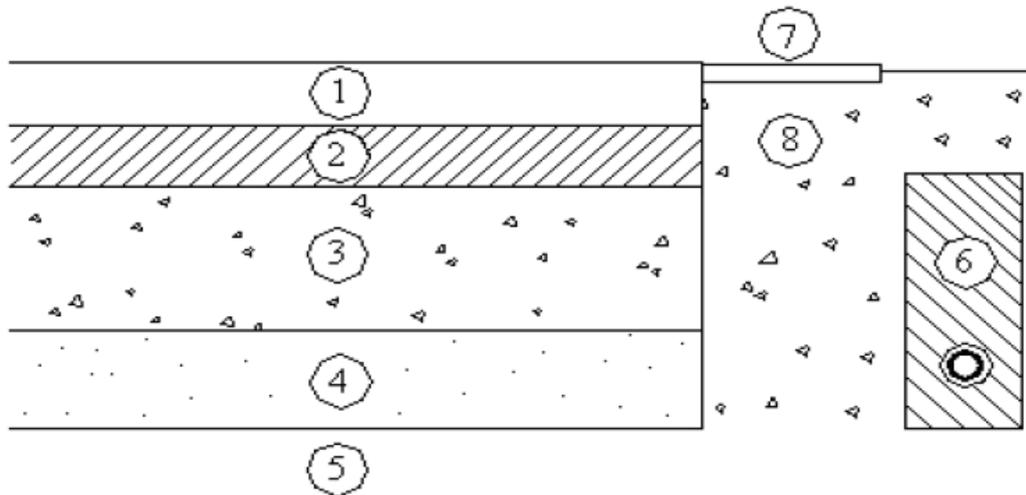


Figura 1. Sección típica de un pavimento asfáltico  
Fuente: Universidad Nacional Mayor de San Simón (2014).

En la Figura 1, se aprecia la sección del asfalto compuesta por capa de rodadura (1), base (2), sub base (3), suelo compactado (4), subrasante (5), sub drenaje longitudinal (6), revestimiento de hombreras (6), revestimiento de hombreras (7), sub base de hombreras (8).

En consiguiente se describe la teoría de la cáscara de huevo; donde su flexibilidad y la capacidad de recuperación de la cáscara de huevo la hacen resistente al fuego y a los cambios climáticos. La creación de la cáscara de huevo en el oviducto que lleva al útero es un proceso largo. La concentración de calcio aumenta a un ritmo del 2,2% por hora durante las primeras cuatro horas, seguido de un 5,6% por hora durante las siguientes dieciséis horas. El 47% del calcio del esqueleto se transfiere a la cáscara del huevo durante el desarrollo (Binti y Khairul, 2015).

**Tabla 1.** *Propiedades físicas de la cáscara de huevo*

Propiedades físicas	Resultado
Contenido en humedad (%)	1.2

Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	0.9
Superficie m <sup>2</sup> /g	18.5

Fuente: Razzaq, Yousif y Tayh (2018).

En referencia a la composición estructural, según Pérez y Morales (2016), la cáscara de huevo es la capa protectora del huevo y comprende entre 5 y 7 gramos, es decir, entre el 9 y el 12 por ciento, de la masa total del huevo. Además del carbonato de calcio, el principal componente son los minerales adicionales: fósforo 0,02 g (0,85%), magnesio 0,02 g (0,85%) y trazas de hierro.

**Tabla 2.** *Composición química del polvo de cascara de huevo*

Óxido componente	Porcentaje
CaO	47.49 %
SiO <sub>2</sub>	0.11 %
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Trazas
SO <sub>3</sub>	0.38 %
Na <sub>2</sub> O	0.14 %

Fuente: Razzaq, Yousif y Tayh (2018).

Seguidamente se describe la estructura de la cáscara de huevo, donde mediante un examen microscópico se ha demostrado que la cáscara del huevo consta de cuatro capas, que incluyen la cutícula, la espuma y la membrana que protegen cada zona de los daños. El estudio indica que la cáscara de huevo tiene propiedades físicas y mecánicas superiores, así como baja absorción (Binti y Khairul, 2015). La Figura 2 ilustra y describe las cuatro capas que componen la cáscara del huevo: membranas exteriores (de la cáscara), capa mamilar, capa de empalizada (empalizada), la cutícula.

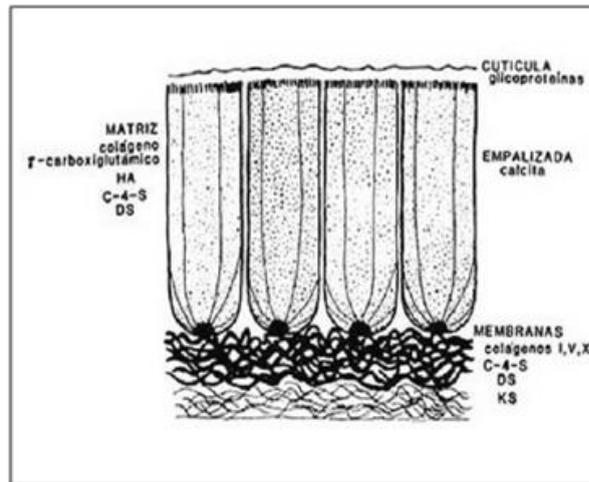


Figura 2. Estructura de la cáscara de huevo  
Fuente: Pérez, Morales y Santiago (2016).

Dicho lo anterior, es necesario mencionar el procedimiento de fabricación del polvo, que, según Huang et. al. (2021), se produce en el laboratorio mediante los procesos que se aprecian en la Figura 3: (1) Las cáscaras de huevo de los supermercados cercanos se rompen primero en pequeños trozos, y (2) se hierven en una solución acuosa de NaCl durante una hora para eliminar las membranas de la cáscara. (3) A continuación, las cáscaras de huevo se secan en un horno a 100 grados Celsius, (4) se trituran hasta obtener un polvo fino y (5) se tamizan hasta alcanzar un tamaño de partícula de 100 micras.

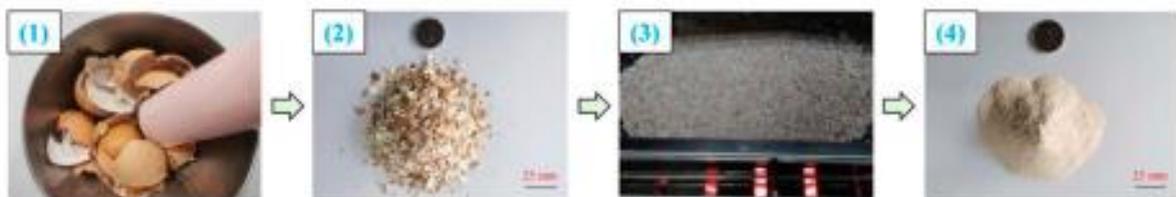


Figura 3. Proceso de autoproducción en el laboratorio  
Fuente: Huang et. al. (2021).

En ese contexto, para determinar las características físicas (contenido de humedad, densidad y superficie) del polvo de cáscara de huevo, en concreto, el área superficial se mide con un analizador de área superficial en el laboratorio (modelo de equipo: BETA204A). Mediante difracción de rayos X se determina la composición química del polvo de cáscara de huevo (equipo modelo: D8-ADVANCE). Los experimentos se realizaron con 2 ángulos de difracción que oscilan

entre 10° y 30° (Huang et al., 2022).

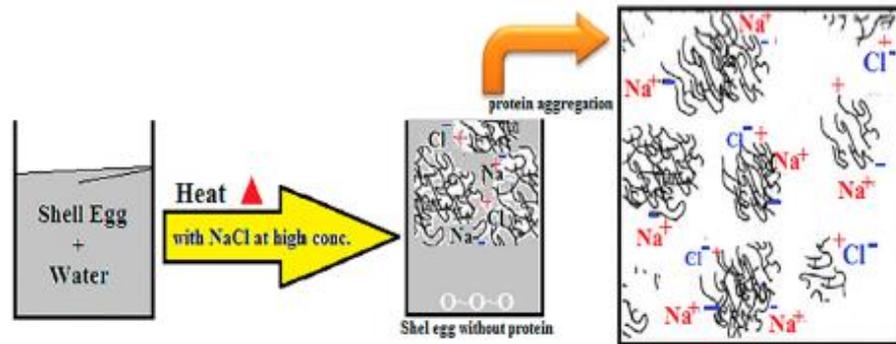


Figura 4. Eliminación de membranas mediante solución de NaCl.

Fuente: Nejrés et al. (2022).

Por último, se describirá las teorías relacionadas a las mezclas asfálticas, donde según la Universidad Nacional Mayor de San Simón (2014), las mezclas de asfalto se componen de cemento asfáltico (como aglutinante) y producto pétreo. Se fabrican en una instalación que calienta el material pétreo a entre 140 y 150 grados Celsius y el cemento asfáltico a entre 110 y 130 grados Celsius. Después de calentar y secar el material pétreo, sus componentes se mezclan según una composición granulométrica autorizada, y a continuación se aplica una determinada cantidad de cemento asfáltico. A continuación, las mezclas se comprimen a temperaturas superiores a los 90 grados Celsius (o 190 grados Fahrenheit).

Por otro lado, los factores a controlar para que una superficie sea resistente, duradera, impermeable y antideslizante, consideras los aspectos descritos a continuación:

**Granulometría:** Según la Norma Técnica CE. 010 (2018), existen muchas gradaciones del material pétreo, en función a las propiedades de la tarea y de la norma técnica aplicable. Además, según Escobar y Reyes (2022), las mezclas en caliente deben respetar las siguientes tolerancias: Material que pasa el tamiz de 3/4" ( $\pm 5\%$ ), comprendido entre los tamices de 3/8" y N°200 ( $\pm 4\%$ ) y que pasa el tamiz N°200 ( $\pm 1\%$ ).

**Contenido de asfalto:** Según el Instituto del asfalto (2014), el contenido óptimo para

preparar la mezcla será la necesaria para cubrir la superficie de las partículas con un revestimiento de asfalto, evitando que se llenen por completo los espacios, que serán rellenados con partículas de menor tamaño.

Consistencia y calidad del cemento asfáltico: Según Minaya y Ordóñez (2006), indica que debe seleccionarse el cemento asfáltico más adecuado para el clima de la ubicación del proyecto según manda la norma MTC E 502 (2000). A altas temperaturas (135°C), el asfalto utilizado en la pavimentación, también conocido como cemento asfáltico, no es extremadamente rígido, lo que le permite adherirse fácilmente a las partículas de los áridos, convirtiéndolo en un cemento eficaz para aglutinar los áridos en las mezclas en caliente. Dependiendo de su concentración, el asfalto puede servir como aglutinante o como lubricante.



*Figura 5. Cemento asfáltico*

Fuente: Minaya y Ordóñez (2006).

Por otro lado, las propiedades de las mezclas asfálticas se describen a continuación.

Densidad: La mayor parte de ensayos de estabilidad están influenciados por la densidad de una mezcla; pero, la estabilidad máxima no necesariamente se deberá producir a la densidad más alta indicada previo al ensayo. Además, las temperaturas utilizadas para evaluar la densidad y la estabilidad suelen ser distintas (Universidad Nacional Mayor de San Simón, 2014).

Durabilidad: Consiste en las propiedades que permiten que el concreto asfáltico tenga una vida útil más larga, incluyendo la resistencia al endurecimiento durante el proceso de mezclado, la resistencia al efecto abrasivo del tráfico, a la acción destructiva del intemperismo y la flexibilidad para que resista la rotura debida a la aplicación repetida de cargas (Universidad Nacional Mayor de San Simón, 2014).

Temperatura: Tiene un efecto sustancial en el envejecimiento del asfalto. Por ejemplo, un incremento de 50° F en la temperatura del asfalto de alta calidad resulta en una caída de 20 puntos en su penetrabilidad (Universidad Nacional Mayor de San Simón, 2014).

Estabilidad: Según Minaya y Ordóñez (2006), es la resistencia de la mezcla al movimiento y a la deformación. Además, esta propiedad es dependiente de la cohesión y la fricción interior. Su valor mide la resistencia de la mezcla después de la compactación y está influenciado por la granulometría, el tipo de agregado y el contenido de asfalto.

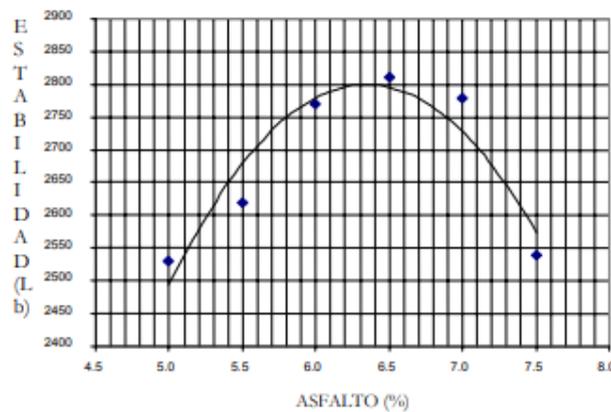


Figura 6. Curva de estabilidad vs contenido de asfalto

Fuente: Minaya y Ordóñez (2006).

Flujo: Su valor indica la deformación vertical completa (generada en la dirección del diámetro) de la probeta expuesta a la carga máxima antes de que la carga comience a disminuir (antes de que se produzca su fractura). Este número indica la propensión de la capa de asfalto a alcanzar un estado plástico y, en consecuencia, su resistencia a la deformación bajo la influencia de cargas

(Minaya y Ordóñez, 2006).

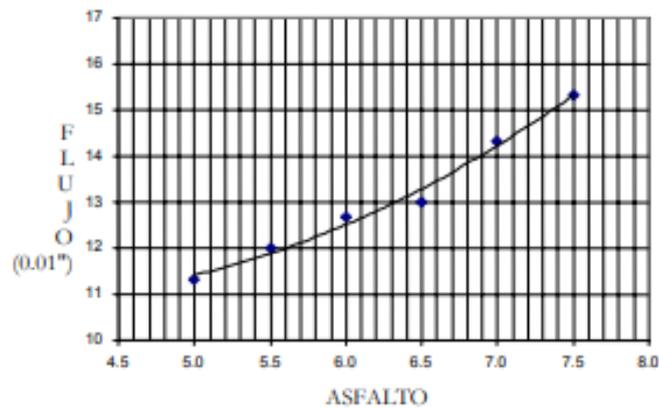


Figura 7. Curva de flujo vs contenido de asfalto

Fuente: Minaya y Ordóñez (2006).

Porcentaje de vacíos: La reducción de la cantidad de vacíos en una mezcla asfáltica reduce la porosidad y, posteriormente, la capacidad de permeabilidad del aire y agua en el pavimento. Lo primero implica una lenta oxidación del asfalto, por ende, el incremento de durabilidad, y lo segundo, una menor probabilidad de que las fases agua-asfalto-agregado entren en contacto, evitando que el pavimento se desintegre por a consecuencia de la presencia de agua (Universidad Nacional Mayor de San Simón, 2014).

Para realizar los ensayos a las mezclas asfálticas se utilizará el Método Marshall que, según el MTC E 504 (2000), que usa briquetas de ensayo estandarizadas de 2 y ½" de espesor por 4" de diámetro. El agregado se elige para satisfacer las normas necesarias. El tipo y el grado de asfalto, en función de la clase de agregado y de condiciones meteorológicas. Para establecer el contenido óptimo de asfalto, se crean y compactan briquetas de prueba con diversos porcentajes de asfalto y un rango no superior al 0,5% (+2) de variación.

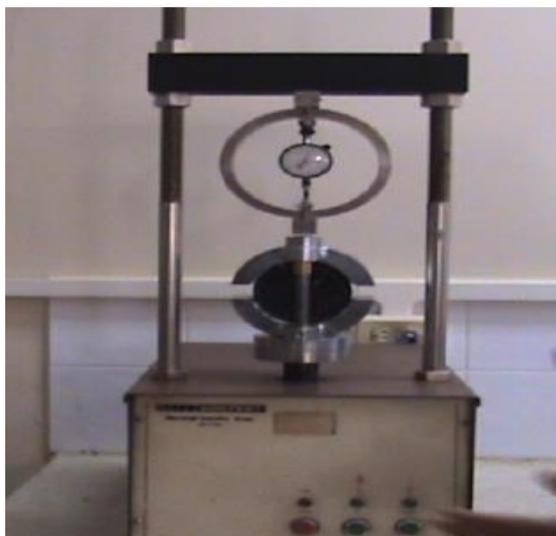
Además, para la elaboración de las muestras de ensayo, según el MTC E 504 (2000), debe haber al menos tres muestras para cada contenido de asfalto, luego se procede a determinar la gradación de los agregados, siguiendo las normas de ensayos ASTM C 117 (2007) y ASTM C 136 (2007), determinar la densidad aparente y el peso específico aparente de los agregados (normas de ensayos

ASTM C 127 (2007) y ASTM C 128 (2007). Asimismo, los ensayos al asfalto se describen a continuación.

El ensayo Marshall, según la Universidad Nacional Mayor de San Simón (2014), se hará después de 16 horas de la compactación. Para realizar el diseño de mezcla, se realizarán los ensayos; en la mezcla antes de su compactación (peso específico efectivo y peso específico máximo), en la muestra después de su compactación (peso específico Bulk, estabilidad y flujo a 60 °C, análisis de densidad y vacíos).

Respecto al ensayo de estabilidad y fluencia, según MTC E 504 (2000), luego de determinar la Gravedad Específica Bulk de la mezcla compactada, se realizan las pruebas de estabilidad y fluencia, en donde primero se debe calibrar el cero del flujómetro y sumergir el espécimen en agua a 60 °C, durante media hora, luego, sacar la muestra del baño de agua y se coloca en la mandíbula inferior, seguida de la inserción de la mandíbula superior. Inmediatamente, aplicar la carga de ensayo a la briqueta hasta que se produzca el fallo (mayor carga alcanzada) a una velocidad de deformación continua de 51 mm/min. El valor de estabilidad Marshall es el total de Newtons (libras) que se necesitan para lograr el fallo de la briqueta. El flujo es la distorsión vertical de la briqueta causada por la carga. Durante la prueba de estabilidad, mantenga el caudalímetro firmemente colocado en la guía y retírelo en cuanto la carga comience a descender. El valor del caudal se registra en valores de 0,25 milímetros por segundo (0,01"). Por ejemplo, si la probeta se deforma 3,8 milímetros (0,15 pulgadas), su fluencia será de 15 milímetros. Por último, las mediciones de estabilidad y fluidez para cada concentración de ligante se promedian en todas las muestras.

Por otro lado, respecto al ensayo de densidad y vacíos, según ASTM D 1559 (2000), luego de las pruebas de fluencia y estabilidad, se realizan el cálculo del peso unitario ( $\text{kg/m}^3$ ), luego se realiza el gráfico peso unitario vs. contenido de asfalto, de la curva se leen los valores de peso unitario independientemente por cada contenido de asfalto de lo cual; al dividirlo entre 1000 ( $\text{kg/m}^3$ ) se obtendrá el asfalto que absorbieron los agregados secos, el % de vacíos de aire y de los agregados minerales (VAM) (Pasquel y Sovero, 2019).



*Figura 8.* Equipo Marshall

Fuente: ASTM D 1559 (2000).

Dicho lo anterior, se mencionan los términos básicos referentes al presente tema de investigación:

- a) **Asfalto líquido:** Es aquel material que tiene una naturaleza fluida que lo sitúa lejos del alcance de la prueba de penetración. Existen tres variedades: Asfalto de curado rápido (RC), medio (MC) y lento (SC).
- b) **Asfalto emulsificado:** Es la emulsión de betún asfáltico en agua, con agentes emulsionantes en baja cantidad, es heterogéneo compuesto por la fase continua y discontinua.
- c) **Emulsión asfáltica inversa:** Aquí la fase continua es el asfalto, a menudo de la variedad líquida, y la fase discontinua consiste en glóbulos de agua microscópicos.
- d) **Asfalto Natural (nativo):** Se produce de forma natural y se crea a partir del petróleo mediante evaporación, dejando sólo los componentes asfálticos.
- e) **Asfalto de petróleo:** Se obtiene destilando el crudo de petróleo.
- f) **Betún:** Combinación de hidrocarburos de origen natural, pirogénico o ambos.

- g) **Betún asfáltico:** Se conoce también como cemento asfáltico (CA), este asfalto se refina.
- h) **Material asfáltico prefabricado para relleno de juntas:** Son tiras de asfalto de tamaño adecuado que han sido prefabricadas y mezcladas con sustancias minerales extremadamente finas.
- i) **Pintura asfáltica:** Sustancia líquida asfáltica que a veces incluye trazas de negro de humo, polvo de aluminio y colores minerales.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y Diseño De investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación**

Para definir el tipo de investigación, se recurrió a lo mencionado por Álvarez (2020), quien delimita que una investigación es aplicada, cuando se plantea el objetivo de generar nueva información que pueda ser utilizada para resolver problemas prácticos, y se concentra en hallazgos que sirvan para mejorar las estrategias (p. 3).

Por lo expuesto previamente, la presente investigación se consideró de tipo aplicada, puesto que busca generar nuevo conocimiento respecto al uso de cáscara de huevo para solucionar la problemática de la baja calidad en las mezclas asfálticas y mejorar sus propiedades reológicas.

##### **3.1.2 Diseño de Investigación**

Según Álvarez (2020), un diseño de investigación es experimental cuando los datos se recogen mediante la observación de hechos que se condicionan por el autor, en los que sólo se manipula una variable y se anticipa la respuesta de una segunda variable. Del mismo modo, uno de los subtipos es el cuasi experimental, en el que se manipula una única variable (p. 4).

Al aplicar lo definido por Álvarez a la presente investigación, resulta que esta fue una de tipo experimental y cuasi experimental debido a que provocó intencionalmente cambios en la variable dependiente, al manipular la variable independiente mediante diferentes variaciones del aditivo de cáscara de huevo.

#### **3.2 Variables y Operacionalización**

La variable independiente fue la cáscara de huevo.

La variable dependiente fue la mezcla asfáltica.

##### **3.2.1 Definición conceptual**

**VI:** Según Bedoya y Valencia (2020), la cáscara de huevo normal incluye sodio, potasio, zinc, manganeso, hierro y cobre, además de fósforo y magnesio. La parte restante de la cáscara de huevo seca está formada por un material de matriz

orgánica con características de fijación del calcio, y la organización de este material durante el desarrollo de la cáscara es crucial para la resistencia de la misma.

**VD:** Según Novillo (2022), la mezcla asfáltica se define como una combinación de agregados unidos por un adhesivo asfáltico y combinados de forma que los agregados pétreos estén uniformemente recubiertos de asfalto.

### **3.2.2 Definición operacional**

**VI:** La cáscara de huevo se sustituyó en porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5% en función del peso del agregado fino en la mezcla asfáltica (MTC E 204, 2000).

**VD:** Se hicieron pruebas de granulometría según la norma ASTM C136 y MTC E204, ensayo Marshall para hallar el flujo y estabilidad según la norma (ASTM D 1559 y MTC E504 y ensayo de resistencia a compresión ASTM D 1074, para determinar los cambios en las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica.

#### **Indicadores**

VI: Reemplazo de 0.00 %

VI: Reemplazo de 0.50 %

VI: Reemplazo de 1.00 %

VI: Reemplazo de 1.50%

VD: Granulometría

VD: Flujo (Ensayo Marshall)

VD: Estabilidad (Ensayo Marshall)

VD: Ensayo de resistencia a compresión

#### **Escala de medición:**

Según Ochoa y Molina (2018), la escala razón a diferencia de las demás escalas métricas o dimensionales, en esta, el cero si denota la ausencia de un atributo, que es una cualidad adicional. Por consiguiente, la relación entre dos números de escala corresponde a la relación entre las cantidades del atributo que se mide.

Por lo mencionado anteriormente, para la presente investigación se utilizó la escala **razón** puesto que se trabajó con datos numéricos.

### **3.3 Población, muestra y muestreo**

#### **3.3.1 Población**

Es el conjunto de elementos que contienen determinadas características que deben investigarse. Por ello, la parte observada (muestra) debe ser representativa de la realidad (población) (Ventura, 2017, p. 1).

Aplicando lo expuesto para la presente investigación, se determinó que la población estará comprendida por la cantera San Martín, que está ubicada en la avenida Monteverde, s/n - Ex Fundo Barbadillo ubicada en el Kilómetro 6+00 de la Carretera Central en el distrito de Ate Vitarte.

#### **Criterios de inclusión:**

Se incluyó a la cantera denominada “San Martín” que está ubicada en la avenida Monteverde, s/n - Ex Fundo Barbadillo, Kilómetro 6+00 de la Carretera Central en el distrito de Ate Vitarte.

#### **Criterios de exclusión:**

Se excluyó a las demás canteras que no se denominen “San Martín” ni estuvieran ubicadas en el distrito de Ate Vitarte.

#### **3.3.2 Muestra**

Según Hernández et. al. (2018), dentro de una muestra, las características deben ser lo más parecidas posible a las de la población (p.196).

Dicho lo anterior, se desprendió la muestra a emplear que fueron los agregados de extraídos de la cantera San Martín, dicha extracción se hará mediante la excavación de 3 calicatas.

## **Muestreo**

En el tipo de muestreo no probabilístico por conveniencia, los sujetos de estudio se seleccionan para la muestra por un motivo concreto y el investigador considera que algunos sujetos son más apropiados que otros para el estudio (Hernández et. al. 2018, p. 200).

Acorde a la definición previa, la presente investigación utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia, pues la muestra representativa se eligió a criterio del investigador.

## **Unidad de análisis**

Se define como un objeto particular elegido y delimitado por el investigador con fines de estudio. Esta selección implica identificar y acotar las entidades que serán objeto de investigación a partir de un conjunto de entidades abordables (Azcona et. al., 2013, p. 69).

Dicho ello, la unidad de análisis estuvo compuesta por 3 calicatas cuyas dimensiones tuvieron 1.5 m de largo, 1.0 m de ancho y 1.5 m de profundidad.

## **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **3.4.1 Técnicas de recolección de datos**

Según Useche et. al. (2019), la recogida y organización de datos relativos a las distintas variables implicados en la investigación requiere la aplicación de instrumentos que sean exactos y que se hayan probado. Según Martínez (2023), una de las técnicas es la observación directa, en la cual el investigador interactúa con la realidad y desarrolla una comprensión lo más exacta posible del problema estudiado. El análisis documental, por su parte, supone un examen exhaustivo de textos y estudios sobre un tema concreto, que luego se utilizan para seleccionar y extraer información sobre la variable desde diversas perspectivas.

Por lo expuesto, se utilizó la técnica de **observación directa** porque mediante ella se pudo identificar de forma precisa los cambios en las propiedades de las mezclas asfáltica mediante la adición de cáscara de huevo. Así también, se empleó el **análisis documental**, pues para validar la investigación se recurrió a analizar

artículos y papers de revistas indexadas de la base de datos de Scopus y Web of Science.

### **3.4.2 Instrumentos de recolección de datos:**

Se clasifican según el proceso de evaluación (formal e informal) o la finalidad (tests, pruebas, escalas, cuestionarios, listas de comprobación, entrevistas y diarios de campo) (Useche et. al., 2019). De lo anterior se pudo establecer los instrumentos utilizados que fueron las fichas para recolectar datos, detalladas a continuación:

- Ficha para ensayo de granulometría finos, gruesos y la combinación de agregados, según ASTM C136.
- Ficha para el ensayo de gravedad específica y absorción de los agregados finos según la MTC E 205.
- Ficha para el ensayo de gravedad específica y absorción de los agregados gruesos según la MTC E 206.
- Ficha para el ensayo de resistencia por desgaste a la abrasión de los agregados MTC E 207.
- Ficha para el ensayo Marshall para hallar el flujo, estabilidad, vacíos y viscosidad, según ASTM D1559.
- Ficha para el ensayo de resistencia a compresión según ASTM D1074.

### **Validez**

Es el nivel de seguridad de que los resultados del experimento se han interpretado correctamente y son válidos, lo cual se logra cuando se les ha controlado eficazmente (Escobar y Cuervo, 2008). Por ende, la validez del presente proyecto se determinó mediante el juicio de expertos que son los ingenieros del laboratorio certificado y se aceptó como prueba de autenticidad la firma, sello y su calificación.

### **Confiabilidad**

La fiabilidad se refiere al nivel en que un instrumento sirve para obtener resultados consistentes y coherentes (Hidalgo, 2015). Bajo la misma definición, la confiabilidad del presente proyecto se determinó mediante experimentación en laboratorios

acreditados por INACAL, así como los equipos y máquinas estuvieron calibrados y certificados.

### **3.5 Procedimientos**

La realización del proyecto se hizo mediante las etapas descritas a continuación.

#### **Primera etapa (Gabinete)**

Se buscó y analizó la información de los 5 últimos años, comprendida por artículos científicos, normas nacionales e internacionales, tesis de doctorado, maestría, libros y manuales actualizados. Terminado ello, se localizaron los lugares donde se recolectó la cáscara de huevo, para luego buscar las canteras de donde se compraron los agregados. Una vez encontrados, se hizo la identificación de los ensayos necesarios, para después buscar el laboratorio certificado. Por último, se hicieron las fichas de recolección de datos.

#### **Segunda etapa (Campo)**

Se recolectaron un total de 10 kg de la cáscara de huevo en la avícola Kyara, ubicada en Santa Clara distrito de Ate, para luego secarlas a temperatura ambiente durante 48 horas en un lugar limpio. Luego, se prepararon para ser llevadas al laboratorio.

Se extrajeron los agregados para la mezcla asfáltica de la cantera San Martín de Porras, ubicada en Ate Vitarte, realizando la excavación de tres calicatas de 1.50 m de largo, 1.0 m de ancho y 1.5 m de profundidad. Una vez se llegó a la profundidad establecida se pasó a llenar el material en sacos impermeables y se llevaron las muestras al laboratorio inmediatamente para que no pierdan sus propiedades.

#### **Tercera etapa (Laboratorio)**

La cáscara de huevo fue llevada al laboratorio MASTERLEM S.A.C. donde se hirvieron en una solución acuosa de NaCl durante 1 hora con el fin de eliminar las membranas de la cáscara. Luego, se procedió a secar en un horno a 100 grados Celsius para triturarlas hasta obtener un polvo fino y se tamizaron hasta alcanzar

un diámetro de 0.075 micras. Posteriormente, se hizo el ensayo de gravedad específica para ver si es factible reemplazarlo por el material fino. En la imagen izquierda de la Figura 9 se puede observar la cáscara de huevo sin limpiar, al centro el molido de la cáscara de huevo y al extremo derecho el tamizado de la misma.



Figura 9. Procedimiento de obtención del polvo de cáscara de huevo

Fuente: Elaboración propia.

Posteriormente, se hizo el ensayo de granulometría a los agregados finos, gruesos y al aditivo natural, para lo cual en primer lugar se hizo el cuarteo del material para reducirlo mezclándolo y amontonándolo y dividiéndolo en 4 partes. Este procedimiento se repitió cuatro veces. En la imagen izquierda de la Figura 10, se observa el cuarteo del agregado grueso y a la derecha, del agregado fino.

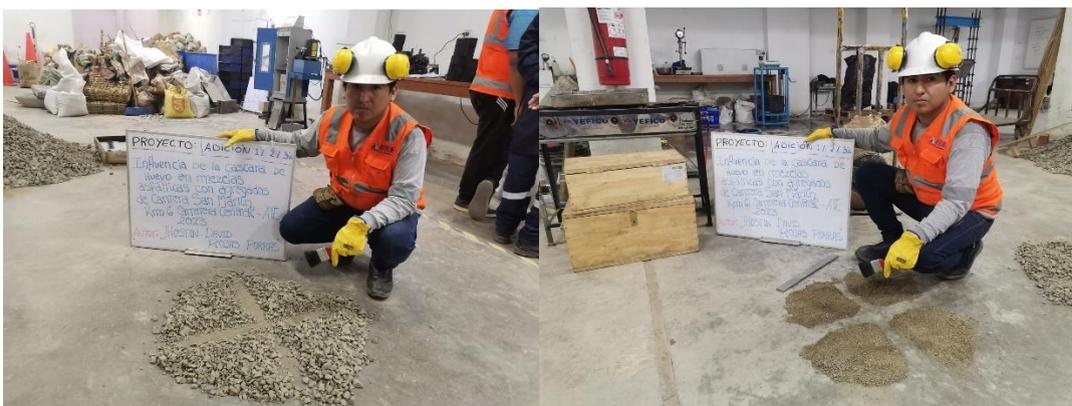


Figura 10. Cuarteo de agregados

Fuente: Elaboración propia.

Se ordenaron los tamices desde 1 ½" hasta el tamiz N°200, incluyendo el fondo, se vertió la muestra y se puso en la máquina de zarandeo durante 5 minutos, lo cual fue repetitivo hasta llegar al último tamiz, luego se pesó el retenido en cada una de

las mallas. Para posteriormente hacer los cálculos del análisis granulométrico. Asimismo, se realizó el ensayo de granulometría de la combinación de los agregados para los cuatro diseños.



Figura 11. Ensayo de granulometría

Fuente: Elaboración propia.

Después de ello, se hizo el ensayo de desgaste por abrasión para el árido grueso, para lo cual primero se hizo el lavado y secado de muestra en el horno a  $110^{\circ}\text{C}$ , luego se seleccionó 11 esferas (por lo cual se escogió el Método de gradación B) para después, registrar el peso retenido. Se vertió el material a la máquina de abrasión y se agregó las esferas abrasivas, luego se tamizó con la malla N°12 y se hizo el lavado del agregado retenido. Por último, se registró el peso final tamizado.

A continuación, se hicieron los ensayos de densidad específica y humedad superficial para lo cual, en primer lugar, se lavó el árido grueso y se dejó secar a temperatura ambiente por 1 día. Luego se puso la muestra en la canasta de alambre la cual se sumergió en suspensión y se registró el peso en la balanza. Después de ello, con un paño, se secó la muestra hasta quitar el agua superficial para después registrar el peso en estado superficialmente seco. Respecto al agregado fino, en primer lugar, se registró el peso de la muestra en un recipiente para después sumergirla en agua y exponerla al secado a temperatura ambiente. Esta muestra se introdujo en el molde y se dio golpes delicadamente. Luego se separaron 2 muestras de 500 gr, donde la primera se llevó al horno a secar y la en la segunda

se retiró el aire incorporado. Para esto último, se colocó el árido fino en la fiola y se agregó agua para retirar el aire atrapado agitándola por un lapso de 15 minutos, se hizo reposar durante ½ hora y se sacaron las burbujas. En la Figura 12 se puede ver, al extremo izquierdo el ensayo de densidad específica del agregado grueso y a la derecha, del árido fino.



Figura 12. Ensayos de gravedad específica de agregados

Fuente: Elaboración propia.

Luego se estableció el número de briquetas, para lo cual se decidió preparar 3 por cada contenido, con distintos contenidos de asfalto, incrementándolo en 0.5% en peso, con el fin de poder graficar las curvas que muestren el óptimo valor. Para cada una de las probetas se utilizó 1.2 kg y 4 lt de cemento asfáltico. Se hizo el diseño de mezcla calculando primero el contenido óptimo de asfalto. Luego se hicieron los diseños con la proporción de cemento asfáltico adecuada y las dosificaciones de los demás materiales. A continuación, para preparar las mezclas asfálticas, se registraron los pesos de los áridos en recipientes distintos en función de su gradación para la producción de cada probeta de 63,5 mm de altura; los áridos aireados se calentaron en una placa calefactora.



Figura 13. Calentamiento del asfalto

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se procedió a mezclar el agregado en seco amontonándolo en el centro, luego se añadió la cantidad requerida de asfalto y se añadió la cáscara de huevo (en porcentajes de 0%, 0.5%, 1% y 1.5%, respecto al peso del árido fino). Después se mezclaron los materiales con mezcladora mecánica, realizando el proceso rápidamente hasta tener una mezcla homogénea. Luego, se procedió a la compactar la mezcla asfáltica. Antes de colocar la mezcla en el molde, se colocó un papel filtro en el fondo. Luego de verter la mezcla en el molde, se procedió a dar 15 golpes repetidos alrededor del perímetro y 10 al interior. Finalmente, se procedió a la extracción de las briquetas asfálticas de su molde.



Figura 14. Compactación y obtención de briquetas

Fuente: Elaboración propia.

En la prueba Marshall, que evaluaron la estabilidad y fluencia principalmente, para lo cual se utilizaron 12 briquetas cilíndricas con unas dimensiones de 6,35 cm x

10,16 cm, con incorporación de cáscara de huevo en proporciones de 0%, 0.5%, 1% y 1.5% (tres briquetas por diseño). Las probetas se sometieron a un tratamiento inicial en horno a 60°C, seguido de dos horas de secado en cámara de aire a 25°C. Se confirmó que la temperatura del molde de prueba se mantenía constantemente dentro del intervalo de 21,1°C a 37,8°C. Luego, el molde se colocó en el centro del segmento inferior de la mordaza. Posteriormente, se fijó un medidor de deformación al segmento superior de la mordaza y se introdujo el conjunto en la prensa. A continuación, se instaló el flexímetro. La briqueta se sometió a una carga a una velocidad de deformación constante hasta que se produjo el fallo; la carga máxima se documentó como valor de estabilidad Marshall. A continuación, se registró el valor de flujo del espécimen. Cuando la carga empezó a disminuir, se soltó el flexímetro y se registró la lectura.



Figura 15. Ensayo Marshall

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se hizo el ensayo de compresión simple, en 12 briquetas, las cuales se sometieron a compresión, para lo cual se colocó el espécimen en la máquina de carga a compresión y se sometió a compresión axial a velocidad constante de 5.1 mm/min y se registró la máxima carga.

#### **Cuarta etapa (Gabinete)**

Los resultados recogidos se evaluaron teórica y estadísticamente para extraer conclusiones, discusiones y recomendaciones sobre el tema investigado.

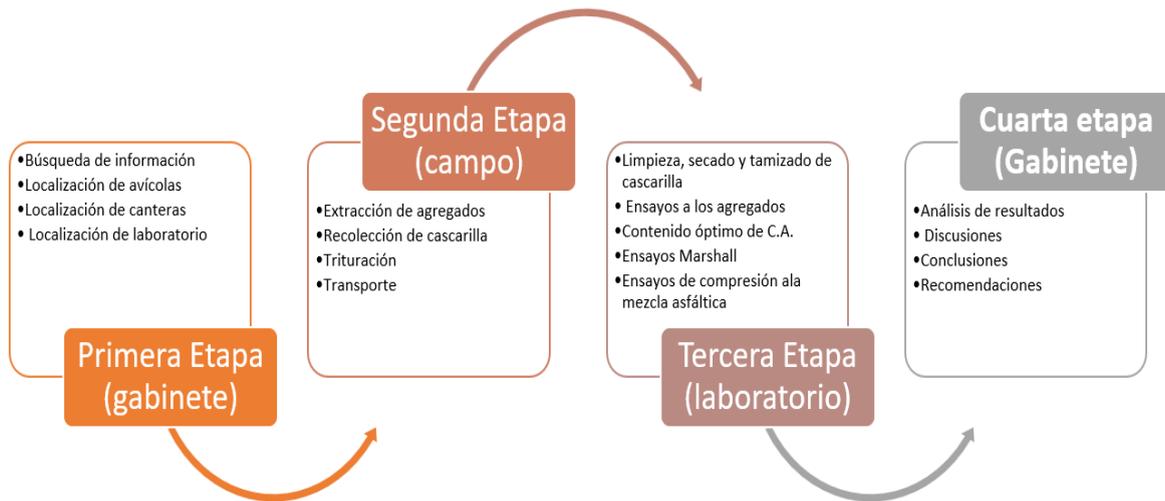


Figura 16. Flujograma de procedimiento

Fuente: Elaboración propia.

### 3.6 Método de análisis de datos

Se utilizó el método univariante, pues se analizaron los resultados de los cambios en las propiedades de la variable dependiente (mezclas asfálticas), usando la estadística inferencial, evaluando a la población a partir de la muestra empleando las tablas de medidas de centralización (la media, la mediana) y dispersión (el coeficiente de variación, varianza, desviación típica).

### 3.7 Aspectos éticos

Para el presente proyecto se trabajó éticamente, respetando los criterios de la Universidad César Vallejo que son el **respeto a** las normas establecidas siguiendo sus parámetros en cuanto a las técnicas, procedimientos y utilizando equipos aprobados y certificados. Además, la **autonomía**, puesto que se desarrolló el trabajo verificando la similitud mediante la plataforma Turnitin en cada avance de los acápite y en el trabajo culminado. La **beneficencia**, a la ingeniería civil, puesto que se buscó obtener los mayores beneficios al sustituir el agregado fino de la mezcla asfáltica por el polvo de cáscara de huevo en diferentes proporciones, minimizando los posibles daños al pavimento asfáltico que se utilizará en diversas vías de transporte público.

## IV. RESULTADOS

Los resultados fueron divididos a nivel de cada objetivo, la primera parte comprende las generalidades, el análisis de resultados de granulometría y caracterización de agregados, teniendo en cuenta sus especificaciones de diseño; la segunda parte presenta los resultados de estabilidad, la tercera parte del flujo y la cuarta parte, la resistencia a compresión de las mezclas asfálticas en caliente ensayadas mediante el Método Marshall para el huso granulométrico MAC-02.

### 4.1 Generalidades

#### 4.1.1 Selección de la cantera para extracción de agregados

Los agregados que se emplearon fueron provenientes de la Cantera San Martín de Porras que está ubicado en la Av. Monteverde S/N, a la altura del Km 6+00 de la Carretera Central, distrito de Ate. Departamento de Lima. Las coordenadas de la cantera son 291462.09 m E, 8667562.92 m S, que pertenece a la zona 18 L. Asimismo, se encuentra a una distancia de 2.39 Km de la Plaza Central de Ate Vitarte.

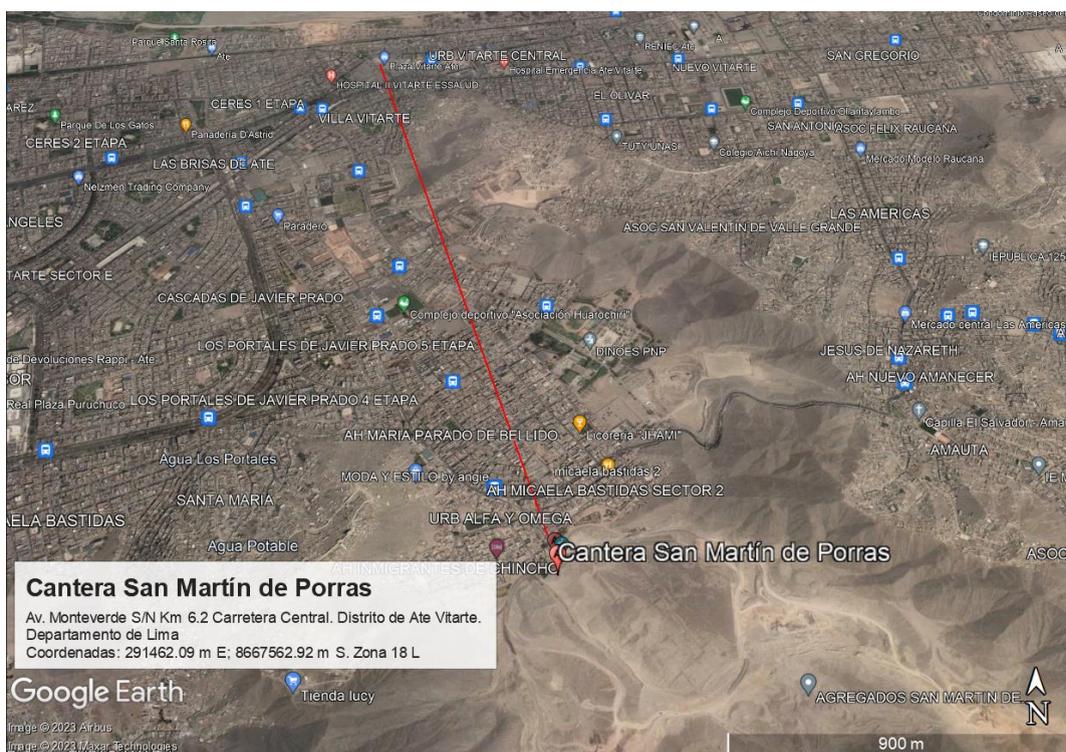


Figura 17. Ubicación de Cantera San Martín de Porras.

Fuente: Elaboración propia

#### 4.1.2 Análisis granulométrico de la cáscara de huevo

Se realizó la granulometría de la cáscara de huevo triturada, con las mismas mallas en que se analizará la granulometría de las mezclas asfálticas en caliente (MAC), con el fin de verificar su incidencia al agregar cada uno de sus porcentajes de adición (0.5%, 1% y 1.5%). Consecuentemente, se detallan el peso retenido, el porcentaje de peso retenido, peso acumulado y peso pasante en la Tabla 3.

**Tabla 3.** *Granulometría del polvo de cascara de huevo*

Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Acumulado	Porcentaje que pasa
3"	75	0	0	0	100
2"	50	0	0	0	100
1 ½"	37.5	0	0	0	100
1"	25	0	0	0	100
¾"	19	0	0	0	100
½"	12.5	0	0	0	100
3/8"	9.525	0	0	0	100
4	4.75	0	0	0	100
10	2.36	0	0	0	100
40	0.6	0	0	0	100
80	0.355	0	0	0	100
200	0.074	73.64	40	40	60
fondo		110.46	60	100	0
Total		184.1	100		

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 3 se muestra que el polvo de cáscara de huevo es un material muy fino, cuyas partículas se distribuyen en su mayoría en el tamiz N°200 y en el fondo, por lo cual, no alterará las condiciones de la mezcla asfáltica y no afectará en la granulometría del agrado global.

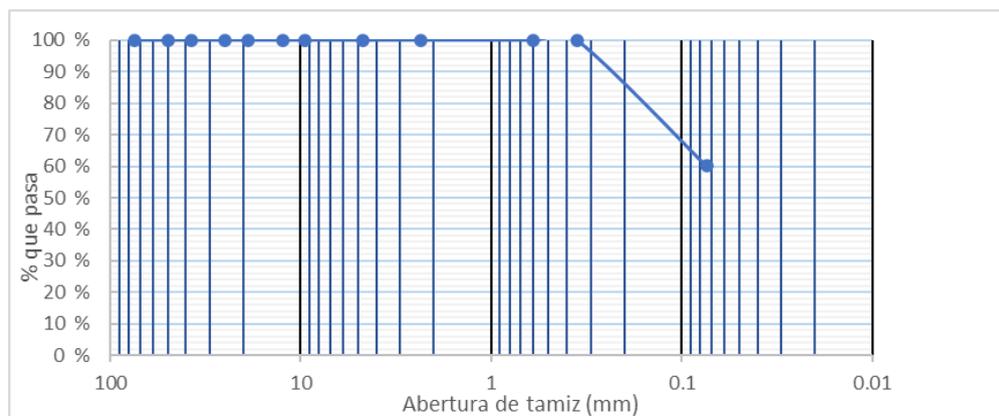


Figura 18. Curva granulométrica de la cáscara de huevo.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 18 se puede apreciar la distribución de los tamaños de las partículas de cáscara de huevo según los diámetros de las aberturas de los tamices, donde se resalta una mayor presencia del material en la malla N°200.

#### 4.1.3 Peso específico de la cáscara de huevo

En la Tabla 4 se muestra el resultado del peso específico de la cáscara de huevo.

Tabla 4. *Peso específico de la cáscara de huevo*

Material	Peso específico
Cáscara de huevo	2.40 gr/cm <sup>3</sup>

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: La relación del peso de la cáscara de huevo en polvo; incluyendo los poros, respecto a su volumen, fue 2.40 gr/cm<sup>3</sup>. Con lo cual se cumplió con lo establecido en la norma ASTM D-2041, puesto que estuvo dentro del rango de 2.4 gr/cm<sup>3</sup> a 2.9 gr/cm<sup>3</sup>.

## 4.2 Resultados de los agregados

### 4.2.1 Granulometría de la combinación de agregados MAC

Al realizar la granulometría de los agregados, se obtuvieron 4 combinaciones con 0%, 0.5%, 1% y 1.5% de polvo de cáscara de huevo respectivamente, las gradaciones cumplen con los requerimientos del huso MAC-02 especificado en la

norma EG-2013 del MTC, para lo cual se cuenta previamente con la información granulométrica de cada tamaño de agregado distribuido.

En la Tabla 5 se muestra la granulometría de la combinación de los agregados con 0% de cáscara de huevo, donde el material A, es el confitillo, el material B está comprendido por la gravilla, el material C está conformado por la arena chancada y el material D por la arena natural. También, se detallan los porcentajes en peso de los dichos materiales, así como el porcentaje de la combinación de agregados para la mezcla asfáltica, que pasa por los distintos tamices.

**Tabla 5. Granulometría global de la MAC Patrón**

Tamiz N°	Abertura (mm)	Material A	Material B	Material C	Material D	Mezcla	Requisito de % que pasa MTC EG-213 (HUSO MAC-02)	
¾"	19.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
½"	12.50	99.10	57.20	100.00	100.00	86.30	80.00	100.00
3/8"	9.53	91.30	35.10	99.40	99.40	78.40	70.00	88.00
4	4.75	21.90	9.10	79.80	95.00	59.80	51.00	68.00
10	2.00	1.00	1.10	79.80	65.60	45.60	38.00	52.00
40	0.42	1.00	1.10	29.80	29.60	19.10	17.00	28.00
80	0.20	1.00	1.10	14.10	19.20	11.10	8.00	17.00
200	0.08	1.00	1.10	4.20	10.10	5.10	4.00	8.00
Total		5.00%	32.00%	27.00%	36.00%	100%		

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 5 de granulometría de agregados, se puede apreciar que todos los porcentajes en pesos pasantes de la combinación de agregados cumplen con el Huso granulométrico MAC-02.

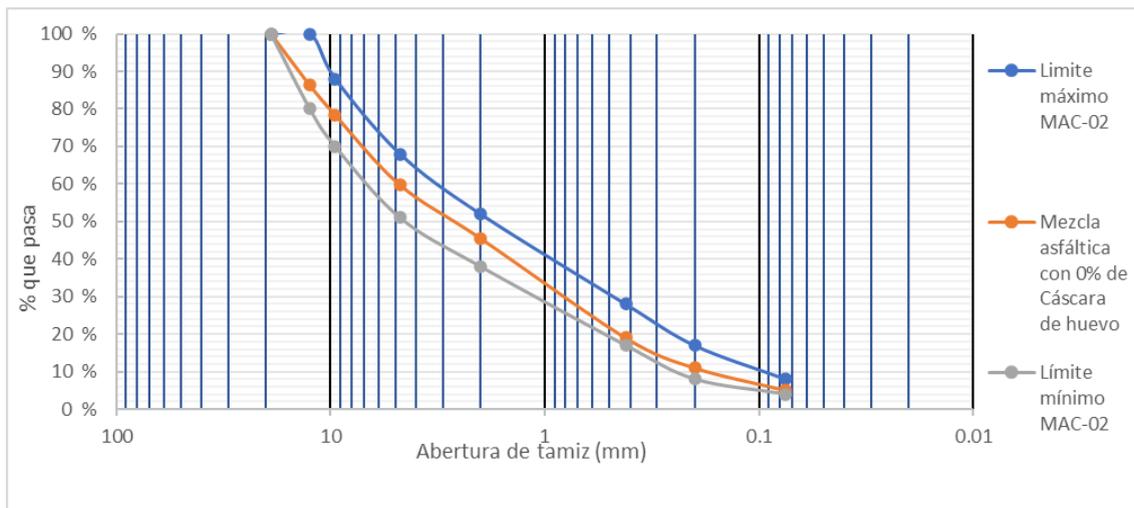


Figura 19. Curva granulométrica de la combinación de agregados.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 19, se observa el cumplimiento con el Huso granulométricos MAC-02, donde, se puede apreciar que el material combinado no sobrepasa los límites máximos ni está por debajo de los límites mínimos, con lo que se puede verificar que la combinación de agregados tiene una gradación continua y sus componentes están bien distribuidos a lo largo de toda la curva granulométrica. Por lo cual, cumplen con la norma ASTM D 5444, para ser usados en mezclas asfálticas.

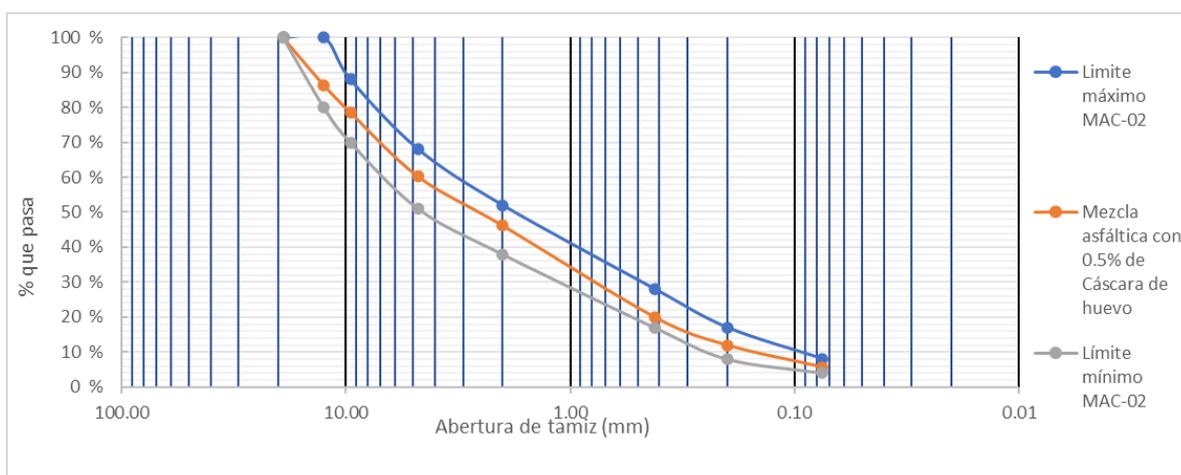
En la Tabla 6 se muestra la granulometría de la combinación de los agregados con 0.5% de cáscara de huevo (CH), donde, además de los materiales A, B, C y D, se presenta el material E, que está compuesto por la cáscara de huevo. También, se detallan los porcentajes en peso de los dichos componentes para la granulometría, así como el porcentaje de la combinación de agregados para la mezcla asfáltica, que pasa por las distintas mallas.

**Tabla 6. Granulometría global de la MAC con 0.5% de CH**

Tamiz N°	Abertura (mm)	Material A	Material B	Material C	Material D	Material E	Mezcla	Requisito de % que pasa MTC EG-2013 (HUSO MAC-02)	
¾"	19.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
½"	12.50	99.10	57.20	100.00	100.00	100.00	86.30	80.00	100.00
3/8"	9.53	91.30	35.10	99.40	99.40	100.00	78.50	70.00	88.00
4	4.75	21.90	9.10	79.80	95.00	100.00	60.00	51.00	68.00
10	2.00	1.00	1.10	79.80	65.60	100.00	45.90	38.00	52.00
40	0.42	1.00	1.10	29.80	29.60	100.00	19.50	17.00	28.00
80	0.20	1.00	1.10	14.10	19.20	100.00	11.60	8.00	17.00
200	0.08	1.00	1.00	4.20	10.10	60.00	5.40	4.00	8.00
Dosificación		4.88%	31.88%	26.88%	35.88%	0.50%	100.0%		

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 6 de granulometría de agregados se puede apreciar la distribución de los tamaños de las partículas según los diámetros de las aberturas de los tamices, donde se observa que todos los porcentajes en pesos pasantes de la combinación de agregados cumplen con el Huso granulométrico MAC-02.



*Figura 20. Curva granulométrica MAC con 0.5% de cáscara de huevo.*

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 20, se observa el cumplimiento del Huso granulométricos MAC-02, donde, se puede apreciar que el material combinado con adición de cáscara de huevo cumple con los límites superiores e inferiores, con lo que se puede verificar que la adición del 0.5% de cáscara de huevo no afecta a la granulometría porque tiene una distribución continua a lo largo de toda la curva granulométrica. Por lo

cual, esta adición logra el cumplimiento con la norma ASTM D5444-15 para su empleo es mezclas asfálticas.

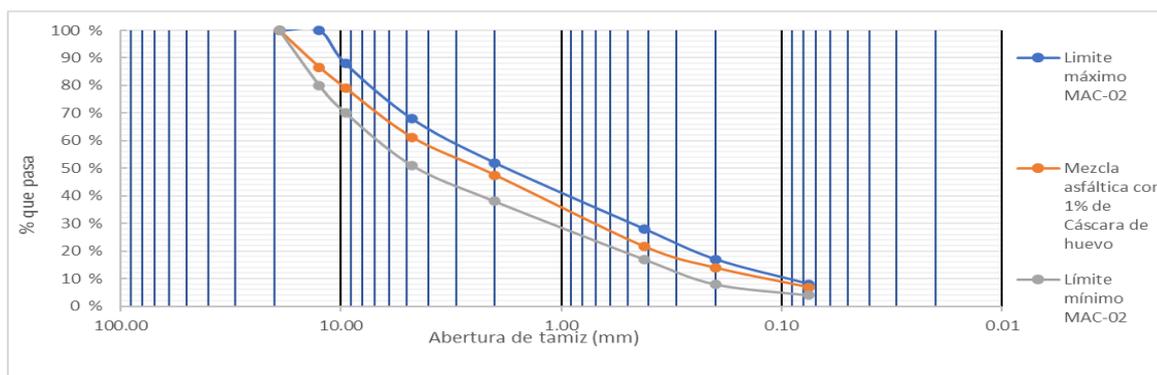
En la Tabla 7 se aprecia la granulometría de la combinación de los agregados con 1% de cáscara de huevo (CH), se detallan, además, los porcentajes pasantes en peso en función a su dosificación, así como el porcentaje de la combinación de agregados para la mezcla asfáltica, que pasa por los tamices normalizados.

**Tabla 7. Granulometría global de la MAC con 1% de CH**

Tamiz N°	Abertura (mm)	Material A	Material B	Material C	Material D	Material E	Mezcla	Requisito de % que pasa MTC EG-2013 (HUSO MAC-02)	
¾"	19.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
½"	12.50	99.10	57.20	100.00	100.00	100.00	86.40	80.00	100.00
3/8"	9.53	91.30	35.10	99.40	99.40	100.00	78.60	70.00	88.00
4	4.75	21.90	9.10	79.80	95.00	100.00	60.20	51.00	68.00
10	2.00	1.00	1.10	79.80	65.60	100.00	46.20	38.00	52.00
40	0.42	1.00	1.10	29.80	29.60	100.00	20.00	17.00	28.00
80	0.20	1.00	1.10	14.10	19.20	100.00	12.00	8.00	17.00
200	0.08	1.00	1.00	4.20	10.10	60.00	5.70	4.00	8.00
Dosificación		4.80%	31.80%	26.80%	35.80%	1.00%	100.00%		

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 7 de granulometría de agregados se puede apreciar la distribución de los tamaños según los diámetros de las aberturas de los tamices, donde se observa que todos los porcentajes en pesos pasantes de mezcla total se cumplen con el Huso granulométrico MAC-02.



*Figura 21. Curva granulométrica de la MAC con 1% de cáscara de huevo*

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 21, se puede apreciar que el material combinado con 1% de incorporación de cáscara de huevo cumple con los límites superiores e inferiores, con lo que se puede verificar que la adición de cáscara de huevo no afecta a la granulometría porque tiene una distribución continua. Por lo cual, se cumple con la norma.

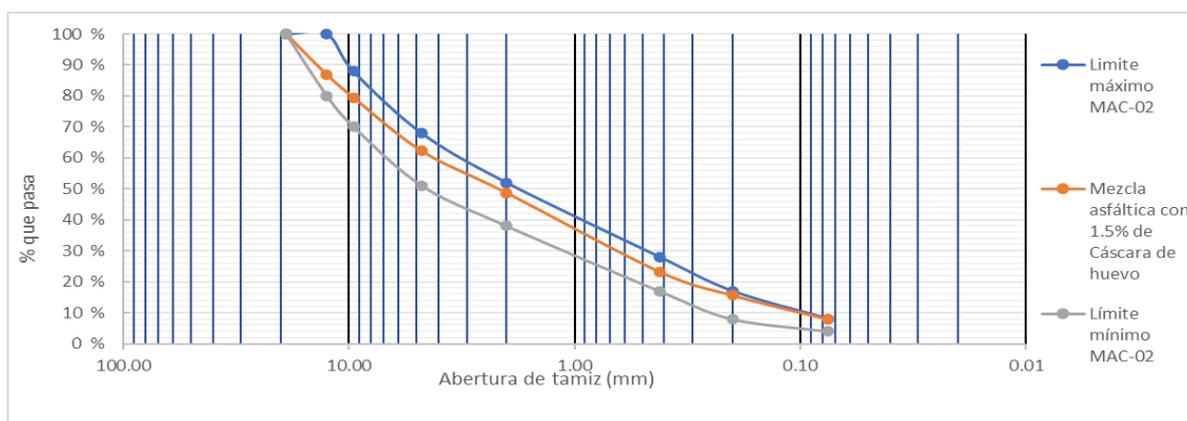
En la Tabla 8 se aprecia la granulometría de la combinación de los agregados con 1.5% de cáscara de huevo (CH), se detallan y los porcentajes pasantes.

**Tabla 8.** *Granulometría global de la MAC con 1.5% de CH*

Tamiz N°	Abertura (mm)	Material A	Material B	Material C	Material D	Material E	Mezcla	Requisito de % que pasa MTC EG-213 (HUSO MAC-02)	
¾"	19.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
½"	12.50	99.10	57.20	100.00	100.00	100.00	86.40	80.00	100.00
3/8"	9.53	91.30	35.10	99.40	99.40	100.00	78.70	70.00	88.00
4	4.75	21.90	9.10	79.80	95.00	100.00	60.50	51.00	68.00
10	2.00	1.00	1.10	79.80	65.60	100.00	46.50	38.00	52.00
40	0.42	1.00	1.10	29.80	29.60	100.00	20.40	17.00	28.00
80	0.20	1.00	1.10	14.10	19.20	100.00	12.50	8.00	17.00
200	0.08	1.00	1.00	4.20	10.10	60.00	6.00	4.00	8.00
Dosificación		4.63%	31.63%	26.63%	35.63%	1.50%	100.00%		

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 8 se puede distinguir que todos los porcentajes pasantes de la combinación de agregados para la mezcla cumplen con el Huso granulométrico MAC-02.



*Figura 22.* Curva granulométrica de la cáscara de huevo.

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 22, se observa que la combinación de agregados con 1.5% de adición de cáscara de huevo, está dentro de los límites granulométricos, con lo que se puede verificar que la adición del material no afecta a la granulometría porque tiene una distribución continua a lo largo de toda la curva granulométrica.

### 4.3 Resultados de las mezclas asfálticas

#### 4.3.1 Peso específico teórico máximo

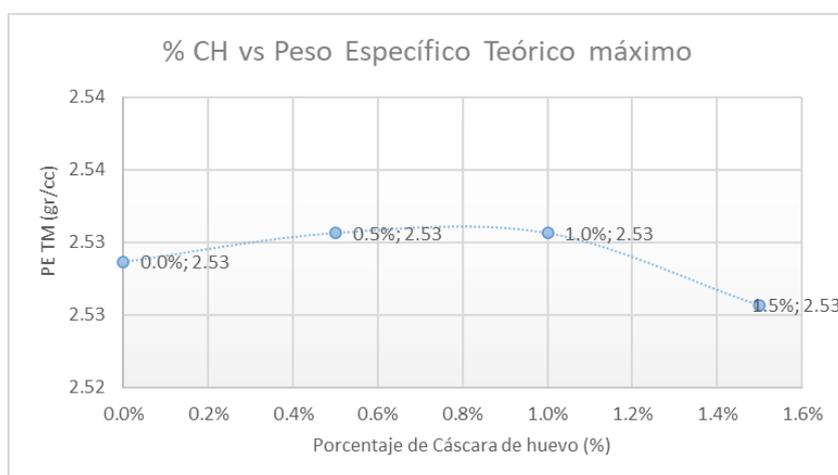
En la Tabla 9 se distingue el resumen de los pesos específicos de las mezclas asfálticas con y sin adición de cáscara de huevo.

**Tabla 9.** Resultados de los pesos específicos

Muestra	Peso Específico Teórico máximo (gr/cm <sup>3</sup> )
M- CH 0%	2.529
M- CH 0.5%	2.531
M- CH 1%	2.531
M- CH 1.5%	2.526

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 9 se puede distinguir que a medida que se incorpora la cáscara de huevo el peso específico aumenta y se mantiene con la primera y segunda incorporación, respectivamente y luego de ello disminuye, lo cual indica que 1% es el punto máximo de adición de cáscara de huevo.



**Figura 23.** Porcentaje de cáscara de huevo vs peso específico de la mezcla

Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 23 se interpreta que la gráfica tiene una tendencia ascendente a medida que se adiciona el material innovador hasta el 1%. Lo cual influiría de forma positiva en la resistencia final de la mezcla asfáltica.

#### 4.3.2 Contenido óptimo de asfalto

Para hallar el contenido óptimo de asfalto (CA) para la mezcla, se hizo el ensayo Marshall 7 veces, donde se realizaron incrementos desde 4% hasta 7%, con aumentos del contenido de asfalto de 0.5%. Mediante lo cual se pudo encontrar el CA óptimo, buscando a quien se ajuste a los parámetros establecidos por la norma ASTM D 1559. Además, fue necesario analizar los gráficos de los datos obtenidos en laboratorio del ensayo Marshall a las briquetas, para lo cual se consideró como inicio un porcentaje de vacíos que se encuentre en un rango de 3 a 5%, para el Huso MAC-2.

**Tabla 10.** Resultados del CA óptimo

Parámetro de diseño	Valor obtenido	Especificación ASSHTO 325-08	Evaluación
Contenido de cemento asfáltico (%)	5		
Número de golpes en cada lado del espécimen	75	75	-
Estabilidad(kg)	1060	831 (Mín)	CUMPLE
Flujo (mm)	2.8	2-4	CUMPLE
Vacíos de aire en la mezcla (%)	3.5	3-5	CUMPLE
Relación estabilidad/Flujo (kg/cm)	3029	1700-4000	CUMPLE
Peso unitario (gr/cm <sup>3</sup> )	2444	-	-
Relación polvo/asfalto	0.9	0.6/1.3	CUMPLE
V.M.A. (%)	14.4	14 (Mín)	CUMPLE
Vacíos llenados con cemento asfáltico (%)	77	-	-

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 10, se puede interpretar que, para el contenido óptimo de asfalto (5%), todos los parámetros de diseño, cumplen con lo establecido por la norma, asimismo para ver los resultados y las gráficas del ensayo Marshall a detalle se puede consultar el Anexo 33.

### 4.3.3 Resultados de Flujo

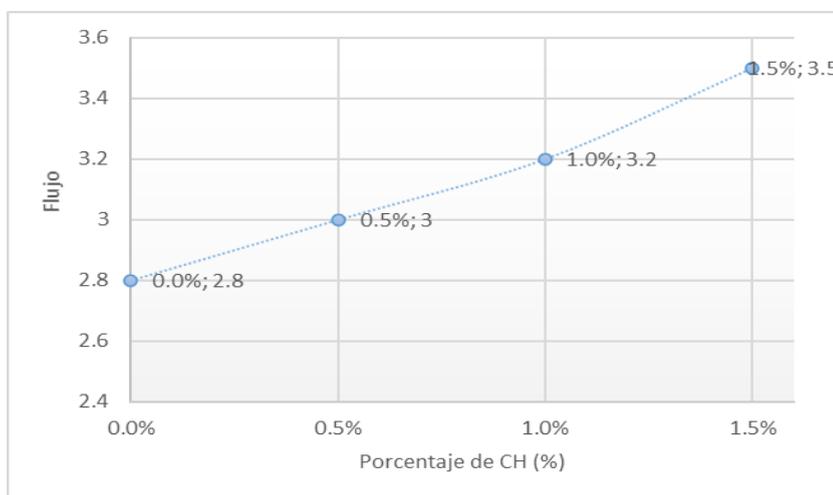
Se hizo el análisis de flujo; que indica la deformación total expresada en mm desde la aplicación de la carga hasta producirse la falla, a las muestras en el orden 0%, 0.5%, 1% y 1.5% de adición de cáscara de huevo, para lo cual se presentan los cuadros de flujo y su representación gráfica respectivamente.

**Tabla 11.** Resultados de flujo.

Muestra	Flujo (mm)	Especificación
M- CH 0%	2.8	2-4
M- CH 0.5%	3	
M- CH 1%	3.2	
M- CH 1.5%	3.5	

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 11 se aprecia que la mezcla con 0.5% de CH aumentó en 7.14 % (0.2 mm), la mezcla con 1% tuvo un incremento de 14.29% (0.4 mm) y la del 1.5% aumentó significativamente en 25.00% (0.7 mm) en comparación de la mezcla patrón. Además, se aprecia que, el menor valor de flujo lo tiene la mezcla asfáltica con 0% de CH (2.8 mm). Finalmente, todos los resultados cumplen con el rango especificado en norma pues dichos resultados no sobrepasan el límite máximo de (4mm) ni están por debajo del mínimo (2mm).



*Figura 24.* Porcentaje de CH vs Flujo

Fuente: Elaboración propia.

De la gráfica de dispersión en la Figura 24 se aprecia el comportamiento entre los ejes de las variables mostradas, de los 4 diseños de mezclas respecto a su fluencia. Por lo cual, se interpreta que, a mayor porcentaje de cáscara de huevo adicionada a la mezcla asfáltica, el flujo aumenta. Por lo tanto, guardan una relación directamente proporcional.

#### 4.3.4 Estabilidad

Se hizo el análisis de estabilidad; que es la variable que indica la uniformidad en cuanto a su forma ante la repetición de cargas, a las muestras en el orden 0%, 0.5%, 1% y 1.5% de adición de cáscara de huevo.

**Tabla 12.** *Resultados de estabilidad*

Muestra	Estabilidad (kg)	Especificación
M- CH 0%	1074	Mínimo 831
M- CH 0.5%	1125	
M- CH 1%	1125	
M- CH 1.5%	1119	

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 12 se aprecia que la mezcla con 0.5% de CH aumentó en 4.75% (51 kg), la mezcla con 1% mantuvo el mismo valor de aumento y la del 1.5% aumentó en 4% (45 kg) comparándola con la mezcla patrón. Por lo cual el mayor valor de estabilidad lo poseen las mezclas asfálticas con 0.5% y 1% de CH (1125 kg). Asimismo, todas las mezclas poseen mayor estabilidad que la mínima especificada en la norma (831 kg), por ende, el comportamiento del pavimento flexible será óptimo.

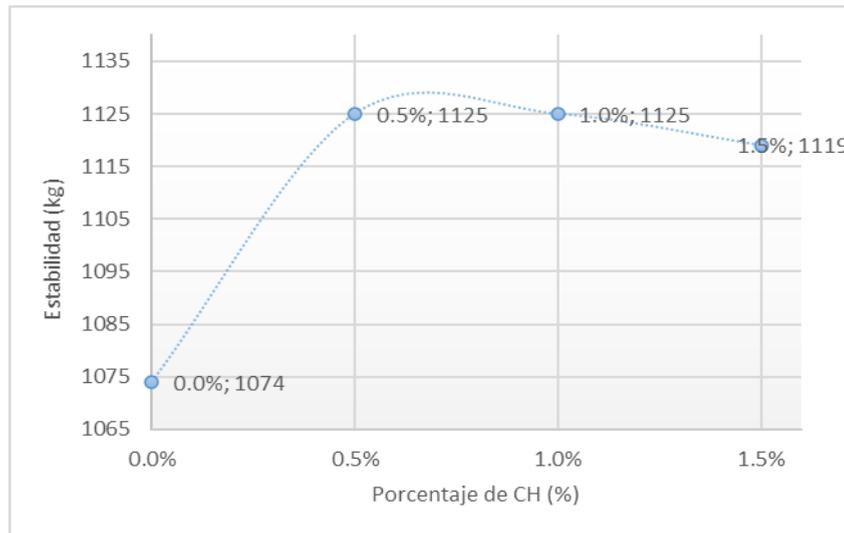


Figura 25. Porcentaje de CH vs estabilidad

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en la gráfica perteneciente a las Figura 25, que a mayor porcentaje de adición de cáscara de huevo aumenta la estabilidad de la mezcla hasta el 1% de CH, es decir guardan una relación directamente proporcional solo hasta dicho límite de adición.

#### 4.3.5 Porcentaje de Vacíos

Se muestran los resultados con respecto al porcentaje de vacíos de las muestras en el orden 0%, 0.5%, 1% y 1.5% de cáscara de huevo, para lo cual se presentan el cuadro y su representación gráfica respectivamente.

Tabla 13. Resultados del porcentaje de vacíos

Muestra	Vacíos (%)	Especificación
M- CH 0%	3.4	3-5
M- CH 0.5%	3.2	
M- CH 1%	3.1	
M- CH 1.5%	3	

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 13 se aprecia que la mezcla con 0.5% de CH disminuyó en 5.88%, la mezcla con 0.5%, en 3.13% y la del 1.5%, en 3.23% a comparación de la mezcla

patrón. Cabe destacar que el mayor valor de porcentaje de vacíos lo posee la muestra patrón (3.4%), el cual, está dentro del rango especificado en norma.

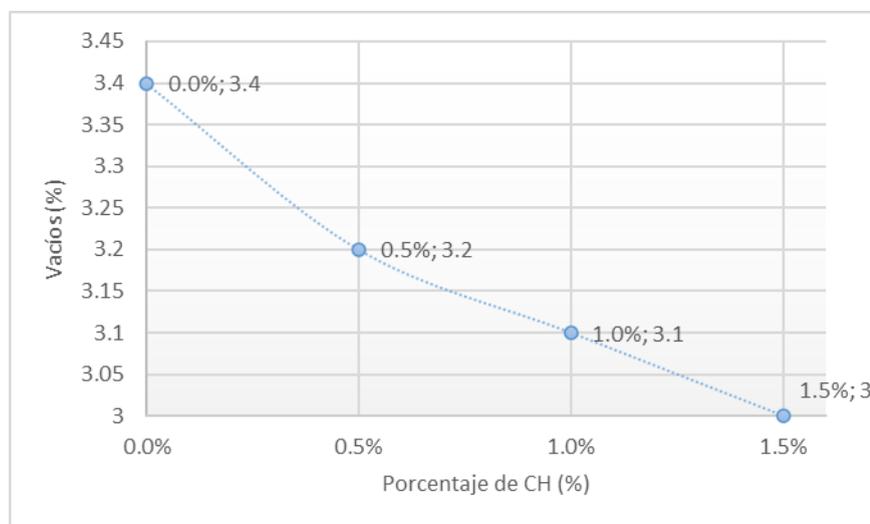


Figura 26. Porcentaje de CH vs porcentaje de vacíos

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en la gráfica perteneciente a las Figura 26, mientras se incrementa la incorporación de cáscara de huevo, disminuyen los porcentajes de vacíos, es decir guardan una relación inversamente proporcional, lo cual favorece a la mezcla, pues será más resistente siempre y cuando los valores de porcentaje de vacíos estén dentro del rango especificado por norma.

#### 4.3.6 Resistencia a la compresión

Se muestran los resultados de la resistencia a compresión de las muestras en el orden 0%, 0.5%, 1% y 1.5% de cáscara de huevo, para lo cual se presentan la Tabla 13 y su representación gráfica, respectivamente.

Tabla 14. Resultados de resistencia a compresión

Muestra	Resistencia a compresión (kg/cm <sup>2</sup> )
M- CH 0%	35.80
M- CH 0.5%	37.50
M- CH 1%	38.00
M- CH 1.5%	37.00

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 14 se aprecia que la mezcla con 0.5% de CH aumentó su resistencia a compresión en 4.75% (1.70 kg/cm<sup>2</sup>), la mezcla con 1% aumentó en 5.87% (2.20 kg/cm<sup>2</sup>) y la del 1.5% aumentó en 3.16% (1.20 kg/cm<sup>2</sup>), en comparación con la mezcla patrón. Cabe destacar que el mayor valor de porcentaje de resistencia lo posee la muestra con 1% de CH (38 kg/cm<sup>2</sup>), por lo cual es el porcentaje que mostró un mejor comportamiento respecto a esta propiedad.

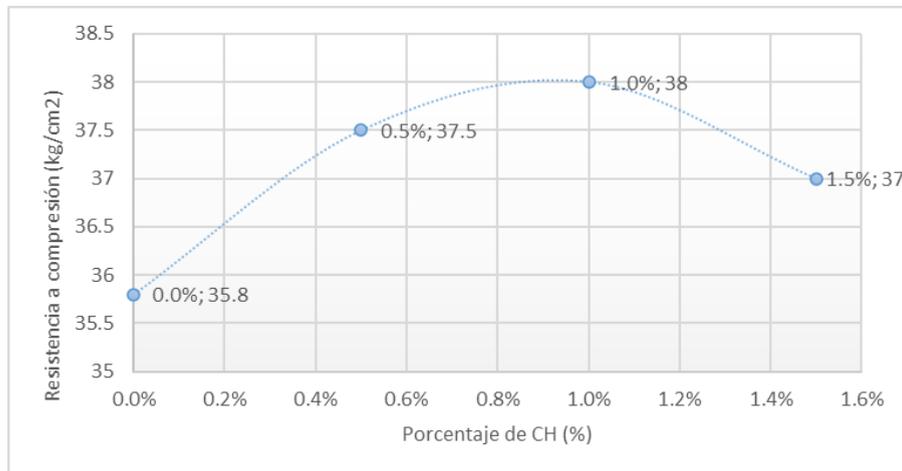


Figura 27. Porcentaje de CH vs resistencia a compresión

Fuente: Elaboración propia.

Se puede apreciar en la gráfica perteneciente a las Figura 27, que, mientras se incrementa la incorporación de cáscara de huevo, aumenta la resistencia a compresión, es decir guardan una relación directamente proporcional, lo cual favorece a la mezcla, pues esta soportará mejor las cargas que se le apliquen al incorporarle este aditivo natural.

#### 4.4 Contrastación de Hipótesis

##### 4.4.1 Contrastación de segunda hipótesis específica

Se aplicó la prueba de Shapiro Wilk para verificar la distribución normal de datos, pues el límite de datos no superan 30. En consecuencia, se utilizó la regla de decisión ya establecida que indica que si la significancia es mayor a 0.05 entonces hay normalidad, de lo contrario, no la hay.

**Tabla 15. Prueba de normalidad – flujo**

Muestra	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl.	Sig.
GC - 0% CH	,750	3	,520
GE - 0.5% CH	,750	3	,630
GE - 1% CH	,750	3	,830
GE - 1.5% CH	,964	3	,637

Fuente: Elaboración propia.

En Tabla 15 se aprecia que el valor de significancia de todos los grupos es mayor a 0.05. por lo tanto, los datos de las muestras del ensayo de flujo se distribuyen de manera normal, es decir, son paramétricos. En consecuencia, se requirió hacer la prueba de Anova, para lo cual primero se realizó la prueba de Levene (Homocedasticidad). Donde, la regla de decisión establece que si la significancia es mayor a 0.05 las varianzas son homogéneas y si es menor o igual a 0.05, no lo son.

**Tabla 16. Prueba de Levene – flujo**

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,728	3	8	,238

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 16 se puede identificar que el valor de significancia es 0.238 y supera al valor de 0.05, es decir, hay homogeneidad de varianzas. Por lo cual se empleó la prueba Anova para verificar si al menos uno de los grupos es distinto a los demás.

Regla de decisión de Anova:

Si Sig.  $\leq$  0.05, al menos una muestra es diferente

Si Sig.  $>$  0.05, las muestras no son diferentes entre sí

**Tabla 17. Prueba de ANOVA – flujo**

Flujo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,937	3	,312	17,841	,001
Dentro de grupos	,140	8	,018		
Total	1,077	11			

Fuente: Elaboración propia.

Según la prueba de Anova, la significancia resultó 0.001, es decir que por lo menos una de las muestras es diferente respecto a su flujo. Para identificar ello, se hizo la prueba Post-Hoc de Tukey.

**Tabla 18. Prueba Post-Hoc de Tukey – flujo**

(I) Muestra	(J) Muestra	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Grupo de control - 0% CH	Grupo experimental - 0.5% de CH	-,23333	,10801	,214	-,5792	,1126
	Grupo experimental - 1% de CH	-,40000*	,10801	,025	-,7459	-,0541
	Grupo experimental - 1.5% de CH	-,76667*	,10801	,000	-1,1126	-,4208
Grupo experimental - 0.5% de CH	Grupo experimental - 1% de CH	-,16667	,10801	,458	-,5126	,1792
	Grupo experimental - 1.5% de CH	-,53333*	,10801	,005	-,8792	-,1874
Grupo experimental - 1% de CH	Grupo experimental - 1.5% de CH	-,36667*	,10801	,038	-,7126	-,0208

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 18, la comparación del grupo de control con el grupo experimental de 1% y 1.5% de CH; el grupo experimental de 0.5% con el de 1.5% y las comparaciones del grupo experimental de 1% con el de 1.5% de CH, tienen sus significancias menores a 0.05, es decir presentan diferencias significativas entre si

Se procedió a contrastar la segunda hipótesis específica mediante la siguiente regla de decisión:

**Ho:** La adición de cáscara de huevo tiene efectos significativos al optimizar el flujo de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023.

**Ha:** La adición de cáscara de huevo no tiene efectos significativos y no optimiza el flujo de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023.

Regla de decisión:

**Ho:**  $U_{control} < U_{tratamiento}$

**Ha:**  $U_{control} \geq U_{tratamiento}$

**Tabla 19.** Prueba HDS Tukey – flujo

Muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
GC - 0% CH	3	2,7667			
GE - 0.5% de CH	3		3,0000		
GE - 1% de CH	3			3,1667	
GE - 1.5% de CH	3				3,5333

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 19, se puede interpretar que, las medias de los grupos experimentales respecto a la media del grupo de control aumentaron, verificando su comportamiento creciente. Por ello, según la regla de decisión establecida, se verificó que adicionando cáscara de huevo se obtienen efectos significativos porque optimiza el flujo de la mezcla.

#### 4.4.2 Contrastación de tercera hipótesis específica

Para contrastar la tercera hipótesis específica, se empleó la prueba de Shapiro Willk, pues el límite de datos no supera a 30. En consecuencia, se utilizó la regla de decisión ya establecida que indica que si la significancia es mayor a 0.05 entonces hay normalidad, de lo contrario, no la hay.

**Tabla 20. Prueba de normalidad – estabilidad**

	Muestra	Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.
Estabilidad	GC - 0% CH	,980	3	,726
	GE - 0.5% de CH	,987	3	,780
	GE - 1% de CH	,987	3	,780
	GE - 1.5% de CH	,893	3	,363

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 20 se aprecia que los valores de significancia son mayores a 0.05. Por lo cual, los datos de las muestras para la estabilidad se distribuyen con normalidad.

Debido a lo expuesto, se hizo la prueba de Anova, para lo cual primero se realizó la prueba de Levene (Homocedasticidad). Donde, la regla de decisión establece que si la significancia es menor igual a 0.05, las varianzas no son homogéneas y si es mayor a 0.05, si lo son.

**Tabla 21. Prueba de Levene – estabilidad**

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
0,371	3	8	,776

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 21 se puede identificar que el valor de significancia a 0.776 supera al valor de 0.05, por lo cual se comprueba que hay homogeneidad de varianzas. Debido a ello, se aplicó la prueba Anova para verificar si al menos uno de los grupos es diferente a los demás.

**Tabla 22. Prueba de ANOVA – estabilidad**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	5344,667	3	1781,556	96,300	,000
Dentro de grupos	148,000	8	18,500		
Total	5492,667	11			

Fuente: Elaboración propia.

La significancia resultó 0.00 (menor a 0.05), es decir que por lo menos una de las muestras es diferente respecto a su estabilidad. Para identificar ello, se hizo la prueba Post-Hoc de Tukey.

**Tabla 23.** Prueba Post-Hoc de Tukey – estabilidad

Comparaciones múltiples						
(I) Muestra	(J) Muestra	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Grupo de control - 0% CH	Grupo experimental - 0.5% de CH	-50,33333*	3,51188	,000	-61,5796	-39,0870
	Grupo experimental - 1% de CH	-50,33333*	3,51188	,000	-61,5796	-39,0870
	Grupo experimental - 1.5% de CH	-44,66667*	3,51188	,000	-55,9130	-33,4204
Grupo experimental - 0.5% de CH	Grupo experimental - 1% de CH	,00000	3,51188	1,000	-11,2463	11,2463
	Grupo experimental - 1.5% de CH	5,66667	3,51188	,423	-5,5796	16,9130
	Grupo experimental - 1.5% de CH	5,66667	3,51188	,423	-5,5796	16,9130

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 23, a diferencia de los demás grupos, las comparaciones del grupo de control con los grupos experimentales con 0.5%, 1% y 1.5% de CH, tienen diferencias significantes entre sí.

En razón de lo expuesto, se procedió a contrastar la tercera hipótesis específica:

**Ho:** La adición de cáscara de huevo influye positivamente al incrementar la estabilidad de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023.

**Ha:** La adición de cáscara de huevo no influye positivamente al disminuir la estabilidad de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023.

**Ho:**  $U_{control} < U_{tratamiento}$

**Ha:**  $U_{control} \geq U_{tratamiento}$

**Tabla 24.** Prueba HDS Tukey – estabilidad

Muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
GC - 0% CH	3	1074,33			
GE - 0.5% de CH	3		1124,67		
GE - 1% de CH	3			1124,68	
GE - 1.5% de CH	3				1119,00

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 24 se puede interpretar que las medias de los grupos experimentales respecto a la media del grupo de control aumentan, sin embargo, a partir de la adición del 1% empieza a decrecer, lo que quiere decir que se ha identificado el límite máximo de adición de cáscara de huevo. Por lo cual se verifica que la adición de cáscara de huevo influye positivamente al incrementar la estabilidad de las mezclas asfálticas.

#### 4.4.3 Contrastación de cuarta hipótesis específica

Se aplicó la prueba de Shapiro Wilk, para detectar la distribución de los datos, según la regla establecida del valor de significancia.

**Tabla 25.** Prueba de normalidad – resistencia a compresión

Muestra	Shapiro-Wilk		
	Estadístico	Gl.	Sig.
GC - 0% CH	,976	3	,702
GE - 0.5% CH	,964	3	,637
GE - 1% CH	,996	3	,878
GE - 1.5% CH	,855	3	,253

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 25 se aprecia que todas las significancias tienen valores por encima de 0.05. Lo cual quiere decir que las muestras de todos los porcentajes de adición paralan resistencia a compresión se distribuyen de manera normal. Por lo cual, se

hizo la prueba de Anova, donde, como primer paso, se realizó la prueba de Levene que establece su regla de decisión: Si la significancia es menor igual a 0.05, las varianzas no son homogéneas y si es mayor a 0.05, si lo son.

**Tabla 26.** *Prueba de Levene – resistencia a compresión*

Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
1,687	3	8	,246

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 26 se puede identificar que el valor de significancia a 0.246, el cual supera al valor de 0.05. En ese sentido, se aplicó la prueba Anova para verificar si al menos uno de los grupos es distinto a los demás.

**Tabla 27.** *Prueba de ANOVA – resistencia a compresión*

ANNOVA	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	7,927	3	2,642	8,193	,008
Dentro de grupos	2,580	8	,322		
Total	10,507	11			

Fuente: Elaboración propia.

La significancia resultó 0.008, es decir que por lo menos una de las muestras es diferente respecto a su resistencia a compresión. Para identificar ello, se hizo la prueba Post-Hoc de Tukey.

**Tabla 28. Prueba Post-Hoc de Tukey – resistencia a compresión**

Comparaciones múltiples						
(I) Muestras	(J) Muestras	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
Grupo de control - 0% CH	Grupo experimental - 0.5% de CH	-1,73333*	,46368	,024	-3,2182	-,2485
	Grupo experimental - 1% de CH	-2,16667*	,46368	,007	-3,6515	-,6818
	Grupo experimental - 1.5% de CH	-1,16667	,46368	,131	-2,6515	,3182
Grupo experimental - 0.5% de CH	Grupo experimental - 1% de CH	-,43333	,46368	,788	-1,9182	1,0515
	Grupo experimental - 1.5% de CH	,56667	,46368	,631	-,9182	2,0515
Grupo experimental - 1% de CH	Grupo experimental - 1.5% de CH	1,00000	,46368	,215	-,4849	2,4849

Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla 28, a diferencia de los demás grupos, las comparaciones del grupo de control con los grupos experimentales con 0.5% y 1% de CH, tienen diferencias significantes entre sí.

Se contrastó entonces la cuarta hipótesis específica:

**Ho:** La adición de cáscara de huevo influye favorablemente incrementando la resistencia de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023.

**Ha:** La adición de cáscara de huevo no influye favorablemente disminuyendo la resistencia de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023.

Luego se estableció la regla de decisión:

$$H_0: U_{control} < U_{tratamiento}$$

$$H_a: U_{control} \geq U_{tratamiento}$$

**Tabla 29.** Prueba HDS Tukey – resistencia a compresión

Muestra	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
GC - 0% CH	3	35,8000			
GE - 0.5% de CH	3		37,5333		
GE - 1% de CH	3			37,9667	
GE - 1.5% de CH	3				36,9667

De la Tabla 29 se puede interpretar que las medias de los grupos experimentales respecto a la media del grupo de control van en aumento. Con lo cual se verifica que incorporando cáscara de huevo se incrementa la resistencia de las mezclas asfálticas.

## V. DISCUSIÓN

Respecto al objetivo específico 1 que consistió en evaluar la influencia de la adición de cáscara de huevo en la granulometría de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín- kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023, se **encontró** que para todas las adiciones de cáscara de huevo; en 0%, 0.5%, 1% y 1.5% en reemplazo del peso del agregado fino, fue que todos los porcentajes en pesos pasantes de la combinación de agregados cumplieron con el Huso granulométrico MAC-02, pues el material combinado cumplió con los límites máximos y mínimos, con lo que se pudo verificar que la combinación de agregados tiene una gradación continua y sus componentes están bien distribuidos a lo largo de toda la curva granulométrica. Debido a lo expuesto se demuestra que las adiciones son **viables**, debido a que las granulometrías cumplen con la norma ASTM D 5444, para ser usados en mezclas asfálticas, por lo cual, la metodología empleada para adicionar cáscara de huevo en reemplazo del agregado fino a la mezcla, es la adecuada.

Al realizar las **comparaciones** con los resultados de la investigación de Binti y Khairul (2015), quienes, respecto a la granulometría global, obtuvieron que las adiciones de cáscara de huevo para porcentajes de 0%, 1%, 3% y 5%, cumplieron con los límites máximos y mínimos donde el tamaño máximo nominal fue de 14 mm donde el primer peso retenido tuvo un peso de 60g (5%). Se ha verificado que coincide con los resultados del presente trabajo respecto a que, también se ha demostrado un mejor comportamiento de la distribución de los agregados globales con todas las adiciones de cáscara de huevo del presente estudio. Sin embargo, estas adiciones fueron de menor porcentaje.

Al **comparar** los resultados del presente trabajo con los del artículo de Huang et. al. (2022), donde lograron evidenciar que la adición de polvo de cáscara de huevo en porcentajes de 3%, 6%, 9% y 12% respecto al peso del asfalto, en la gradación global de agregados, cumplió al estar dentro de los límites granulométricos. Se verificó que concuerda con los resultados de la presente investigación, en el comportamiento granulométrico de los agregados de la mezcla total, con

incorporación de cáscara de huevo. Por otro lado, estas incorporaciones fueron respecto al peso de los agregados finos.

En relación al objetivo específico 2 que fue determinar el efecto de la adición de cáscara de huevo en el flujo de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023, se **encontró** que todas las mezclas, para los 4 diseños, cumplieron con el rango especificado en norma pues dichos resultados no sobrepasaron el límite máximo de (4mm) ni estuvieron por debajo del mínimo (2mm). Específicamente, se **encontró** que la mezcla con 0.5% de CH aumentó en 7.14 % (0.2 mm), la mezcla con 1% tuvo un incremento de 14.29% (0.4 mm) y la del 1.5% aumentó significativamente en 25.00% (0.7 mm) en comparación de la mezcla patrón. Otro **hallazgo** fue que, a mayor porcentaje de cáscara de huevo adicionada a la mezcla asfáltica, el flujo aumenta. Por lo tanto, guardan una relación directamente proporcional. Debido a lo argumentado, se verificó que las adiciones empleadas son **óptimas**, puesto que la propiedad del flujo cumple con los parámetros establecidos, por lo cual, es adecuado el método utilizado en los diseños.

Al **comparar** los resultados del presente trabajo con los del artículo de Tessema et al. (2022), donde los investigadores utilizaron polvo de piedra triturada en cuatro proporciones distintas de 25%, 50%, 75% y 100% en relación al peso del cemento asfáltico, encontrando que la incorporación de 100% mostró el comportamiento óptimo, con un valor de flujo de 4,983 mm. Además, el flujo tuvo un comportamiento creciente a medida que se hacían las incorporaciones. Con lo cual, se verificó que concuerda con los resultados del presente estudio, pues la fluencia tuvo la misma relación; directamente proporcional a medida que se hacías las adiciones. Por otro lado, se encontró una diferencia relevante, pues las adiciones de cáscara de huevo fueron mínimas; de 0.5% a 1.5%, pero presentaron resultados óptimos donde el mayor flujo lo tuvo la mezcla con 1% de adición, con un valor de 0.4 mm, demostrando ser un mejor aditivo natural.

Se hicieron las **comparaciones** con los resultados de la investigación de Mamani (2018), donde al añadir zeolita natural a la mezcla asfáltica en un porcentaje óptimo

de 0.6%, respecto al peso del asfalto, obtuvo un valor de flujo de 3.82 mm y una relación directa con la adición del aditivo natural, cumpliendo con los parámetros establecidos en norma. Por lo cual se observó una semejanza con los resultados del presente trabajo, respecto al comportamiento y todas las muestras con adición de cáscara de huevo tuvieron valores óptimos, cumpliendo con la norma para ser usados en mezclas asfálticas.

Además, se **compararon** los resultados con los de la investigación de Mariano (2021), quienes añadieron fibra y ceniza del bagazo de caña de azúcar, donde los resultados indicaron como el diseño óptimo era de 7% de asfalto, 0.3% de fibra y 6% de ceniza, donde los resultados indicaron un, mayor flujo con un valor de 14.2 mm, con lo cual no cumplió con el rango de valores según norma. Con ello, se demostró una diferencia pues en el presente trabajo, para el diseño óptimo, donde se utilizó 5% de contenido de asfalto con 1% de incorporación de cáscara de huevo, se obtuvieron valores de flujo que sí cumplieron con el rango establecido por norma.

Respecto al objetivo específico 3 que consistió determinar la influencia de la adición de cáscara de huevo en la estabilidad de las mezclas asfálticas con agregados de Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023, se **encontró** que todas las mezclas tuvieron mayor estabilidad que la mínima especificada en la norma (831 kg), por ende, el comportamiento del pavimento flexible será óptimo. Presentando el mayor valor de estabilidad las mezclas asfálticas con 0.5% y 1% de CH (1125 kg). Sin embargo, a partir de la adición del 1% empieza a decrecer, lo que quiere decir que se ha identificado el límite máximo de adición de cáscara de huevo. En específico, la mezcla con 0.5% de CH aumentó en 4.75% (51 kg), la mezcla con 1% mantuvo el mismo valor de aumento y la del 1.5% aumentó en 4% (45 kg) comparándola con la mezcla patrón. Por otro lado, se **encontró** que, a mayor porcentaje de adición de cáscara de huevo aumenta la estabilidad de la mezcla hasta el 1% de CH, es decir guardan una relación directamente proporcional solo hasta dicho límite de adición. Debido a lo expuesto se demuestra que las adiciones son viables, debido a que cumplen con los parámetros de la norma, por lo cual, la metodología empleada para adicionar cáscara de huevo en reemplazo del agregado fino a la mezcla, es la adecuada.

Al **comparar** con la investigación de Huang et. al. (2022) quienes al añadir polvo de cáscara de huevo todas las adiciones aumentaron la estabilidad de la mezcla asfáltica. obteniendo un porcentaje óptimo de 12% respecto al peso del asfalto, mostrando un incremento notable en el valor de la estabilidad obtenida; 1702 kg, mejorando así dicha propiedad. Se identificaron coincidencias con los resultados del presente trabajo, respecto al la relación adición de cáscara de huevo-estabilidad, optimizando ambas esta propiedad. Sin embargo, se identificó una diferencia, pues, a pesar, de que las adiciones presentes fueron mucho menores, lograron valores óptimos de estabilidad, siendo el máximo 1125 kg.

Luego, se **compararon** los resultados con los del estudio de Nejres et. al. (2022), la adición adecuada fue de 15% de cáscara de huevo y el 8% polietileno de baja densidad, pues la mezcla tuvo una una estabilidad de 1970 kg y, por ende, la reducción de la penetración, en consecuencia, a medida que aumenta la cantidad de aditivos, también lo hace la estabilidad de la mezcla asfáltica. Ello se asemeja los datos de la presnete investigación, en cuanto a la propiedad de estabilidad. Por otro lado, se identificó una distinción, puesto que las incorporaciones solo mostraron un comportamiento óptimo hasta el 1% de cáscara de huevo. Con lo cual se determinó que los estudios anteriores muestran mejores resultados, que se pueden deber a factores propios del lugar de donde fue recolectada la cáscara de huevo y a la contribución del aditivo sintético.

En cuanto al objetivo específico 4, que consistió en determinar la influencia de la adición de cáscara de huevo en la resistencia de las mezclas asfálticas con agregados de Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023, el **hallazgo** fue que el mayor valor de resistencia lo presentó la muestra con 1% de CH (38 kg/cm<sup>2</sup>), por lo cual es el porcentaje que mostró un mejor comportamiento respecto a esta propiedad. Sin embargo, a partir de la adición del 1% empieza a decrecer, lo que quiere decir que este fue el límite máximo de adición de cáscara de huevo. En específico, que la mezcla con 0.5% de CH aumentó su resistencia a compresión en 4.75% (1.70 kg/cm<sup>2</sup>), la mezcla con 1% aumentó en 5.87% (2.20 kg/cm<sup>2</sup>) y la del 1.5% aumentó en 3.16% (1.20 kg/cm<sup>2</sup>), en

comparación con la mezcla patrón. Por otro lado, se **encontró** que, incorporando cáscara de huevo se incrementó la resistencia de las mezclas asfálticas. Debido a lo argumentado, la metodología empleada para adicionar cáscara de huevo en reemplazo del agregado fino a la mezcla, es la adecuada.

Se realizaron las **comparaciones** con los resultados de la investigación de Huang et. al. (2022), donde al añadir polvo de cáscara de huevo a la mezcla asfáltica en un porcentaje óptimo de 12%, respecto al peso del ligante asfáltico, obtuvo una resistencia máxima de 5.06 Mpa y una relación directa con la adición del aditivo natural. Por lo cual se observó una semejanza con los resultados del presente trabajo, respecto al comportamiento de la resistencia a compresión. Sin embargo, las adiciones presentes fueron menores, pues el límite de adición fue de 1% de cáscara de huevo, por lo cual se obtuvo una resistencia máxima de 38 kg/cm<sup>2</sup> (3.7 Mpa).

Además, se **compararon** los resultados con los de la investigación de Ruiz et. al. (2020), quienes añadieron polvo de conchas marinas en reemplazo del árido fino, donde los resultados indicaron que la resistencia a la compresión aumentó con todas las adiciones donde el incremento máximo fue de 120%, respecto a la muestra de control, con un valor de 7 Mpa. Con ello, se demostró una semejanza en la relación aditivo-resistencia a compresión que fue directamente proporcional y una diferencia pues en el presente trabajo, se reflejó un aumento máximo del 4.75% con la adición de 0.5% de cáscara de huevo (3.7 Mpa).

Dicho lo argumentado, la presente investigación tuvo **limitaciones**, respecto a la adición de cáscara de huevo, debido a que, en primer lugar, se hizo una prueba piloto donde, al trabajar con adiciones mayores, se observó una caída en las propiedades de estabilidad y resistencia, por lo cual, se cambió el diseño a porcentajes menores de adición, para encontrar el punto máximo (1%) donde las propiedades presentaran resultados óptimos.

Por otro lado, el presente trabajo se observaron **fortalezas**, en cuanto al análisis de resultados, pues al poder trabajar con una cantidad de muestras debidas, se

pudo validar los resultados mediante un análisis estadístico con pruebas paramétricas y así llegar a aprobar las hipótesis planteadas. Así también se contó con la disposición inmediata del aditivo natural, puesto que mayormente no se le daba un uso adecuado y se lo pudo reutilizar para el mejoramiento de las mezclas asfálticas.

Por último, el **aporte** del presente trabajo radica en que, con los resultados obtenidos, es viable realizar mejoras en las propiedades de las mezclas asfálticas en caliente para garantizar su óptimo comportamiento y que el futuro pavimento en la cual será empleada sea duradero, pues la adición empleada denota un crecimiento significativo, del flujo, estabilidad y resistencia a la compresión. Además, se recomienda realizar estudios adicionales, respecto a las pruebas de penetración y ahuellamiento para verificar y profundizar más en el estudio de la incorporación este componente a las mezclas asfálticas.

## VI. CONCLUSIONES

1. En la presente investigación se determinó que la cáscara de huevo influye favorablemente en las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023, proceso en el cual se evidenció que este aditivo natural fue determinante para el incremento de la calidad de las mezclas asfálticas, considerando que al añadir la cáscara de huevo la granulometría de la combinación de agregados para la mezcla fue continua, el flujo se encontró entre los valores de 2.8 a 3.5 mm, la estabilidad entre 1074 a 1125 kg y la resistencia a compresión entre 35.8 a 38 kg/cm<sup>2</sup>, lo cual ayudó a lograr los resultados para una óptima calidad de las mezclas asfálticas, asimismo una dificultad relevante fue poder encontrar los porcentajes de adición óptimos e identificar el punto de inflexión, motivo por el cual se realizaron varias pruebas piloto.
2. Se determinó que la adición de cáscara de huevo influye favorablemente en la granulometría de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023, pues, en este proceso se logró evidenciar que dicho aditivo fue imprescindible, tomando en cuenta que con la adición de cáscara de huevo, los pesos pasantes de las partículas en la combinación de agregados tuvieron valores que estuvieron dentro de los límites máximos y mínimos para el Huso granulométrico MAC-02, lo cual contribuyó a lograr los resultados de una gradación continua y la correcta distribución de partículas a lo largo de toda la curva granulométrica. De la misma manera en el proceso desarrollado la mayor dificultad fue identificar el huso granulométrico con el que cumplía.
3. Se determinó que la adición de cáscara de huevo tiene efectos significativos al optimizar el flujo de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023. En este proceso se evidenció que, la cáscara de huevo fue determinante para el incremento de la calidad de la mezcla asfáltica, considerando que todas las mezclas, para los 4 diseños se encontraron entre los valores de 2.8 a 3.5 mm, cumpliendo así con el

rango especificado en norma pues dichos resultados no sobrepasaron el límite máximo de (4mm) ni estuvieron por debajo del mínimo (2mm), determinando que, a mayor porcentaje de cáscara de huevo adicionada a la mezcla asfáltica, el flujo aumentó. De la misma manera, en el desarrollo del procedimiento una importante dificultad fue realizar la lectura del flexímetro.

4. Se determinó que, la adición de cáscara de huevo influye positivamente al incrementar la estabilidad de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023, proceso en el cual se evidenció que este aditivo natural fue determinante para aumentar la calidad de las mezclas asfálticas, tomando en consideración que al adicionar la cáscara de huevo la estabilidad se encontraba entre los valores de 1074 a 1125 kg, lo cual contribuyó a lograr los resultados y sobrepasar a la estabilidad mínima especificada en la norma (831 kg), asimismo una dificultad relevante fue lograr hallar el límite máximo de adición para que la estabilidad no disminuyera.
  
5. Se determinó que la adición de cáscara de huevo influye favorablemente incrementando la resistencia de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023. En este proceso se evidenció que, la cáscara de huevo fue crucial para aumentar la calidad de la mezcla asfáltica, teniendo en cuenta que la resistencia a compresión estuvo entre los valores de 35.8 a 38 kg/cm<sup>2</sup>, además, el mayor valor de resistencia lo presentó la muestra con 1% de CH (38 kg/cm<sup>2</sup>), por lo cual es el porcentaje que mostró un mejor comportamiento respecto a esta propiedad. De la misma manera, en el desarrollo del procedimiento una importante dificultad encontrar el porcentaje máximo de adición para que la resistencia a compresión no decrezca.

## VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda, ensayar nuevas briquetas con porcentajes mayores realizando la adición respecto al volumen del cemento, para verificar el nuevo punto de inflexión de la curva, debido a que, de acuerdo a los porcentajes utilizados en la presente investigación que han sido del 0.5%, 1% y 1.5% de adición de aditivo natural de la cáscara de huevo, respecto al peso del cemento asfáltico, se evidenció que en la curva que se formó en la gráfica de dispersión, se encontró un punto de inflexión que, en su valor máximo fue 1%.
2. Respecto a la granulometría de la combinación de agregados, se recomienda adicionar el polvo de cáscara de huevo tamizada en partículas de mayor diámetro de diferentes tamaños, así como en diferentes módulos de finura para así verificar el límite óptimo de su tamaño diametral, en el que se puede adicionar en beneficio de la mezcla asfáltica.
3. Respecto al flujo, se recomienda realizar estudios más profundos respecto a su relación con la estabilidad; relación flujo/estabilidad, para evaluar la resistencia de la mezcla a la deformación permanente y la capacidad de soportar cargas repetidas sin sufrir daños, para así garantizar que la mezcla asfáltica tenga las propiedades necesarias para resistir las cargas y condiciones del tráfico.
4. En cuanto a la estabilidad, se recomienda el uso de cáscara de huevo en la mezcla asfáltica para el pavimento asfáltico en campo para así poder observar el comportamiento de dicha propiedad bajo el tráfico vial real y establecer si le podrá dar un óptimo comportamiento.
5. Se recomienda, para futuras investigaciones emplear los resultados de resistencia a compresión del presente trabajo, como base para realizar otras pruebas como el ahuellamiento y la penetración; para así para garantizar una larga duración del pavimento que soportará el tráfico y las condiciones climáticas a lo largo del tiempo.

## REFERENCIAS

- Álvarez Risco, A. (2020). Clasificación de las investigaciones. *Universidad de Lima*.
- ASTM C 117. (2007). *Método de ensayo normalizado para determinar la cantidad de material más fino que el tamiz de 75  $\mu$  m (Nº 200)*.
- ASTM C 127. (2007). *Density, Relative Density (Specific Gravity) and Coarse Aggregate Absorption*.
- ASTM C 128. (2007). *Standard Test Method for Specific Gravity and Fine Aggregate Absorption*.
- ASTM C 136. (2007). *Standard Test Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates*.
- ASTM D 1559. (2000). *Diseño de mezclas Método Marshall e interpretación de resultados*.
- ASTM D5444. (2023). *Standard Test Method for Mechanical Size Analysis of Extracted Aggregate*.
- Azcona, M., Manzini, F. Y., & Dorati, J. (2013). *Precisiones metodológicas sobre la unidad de análisis y la unidad de observación: Aplicación a la investigación en psicología (Ponencia)*.  
[https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab\\_eventos/ev.12219/ev.12219.pdf](https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.12219/ev.12219.pdf)
- Bedoya-Salazar, A., & Valencia-González, M. P. (2020). Usos potenciales de la cáscara de huevo de gallina (*Gallus gallus domesticus*): una revisión sistemática. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 12(2), e776. <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n2.2020.776>
- Binti Erfen, Y., & Khairul Nizam, B. M. Y. (2015). The appropriateness of egg shell as filler in hot mix asphalt. *Niversity Tun Hussein Onn Malaysia*, 10. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4113.5201>
- Escobar Blas, G. E., & Reyes Asto, D. A. (2022). *Influencia de la ceniza de café y cáscara de huevo para la estabilización de subrasante de un pavimento flexible del tramo Santa Elena - El Carmelo, Virú, 2022* [Tesis, Universidad Privada del Norte, Trujillo]. <https://hdl.handle.net/11537/31294>

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2018). *Metodología de la investigación* (6th ed.). Interamericana Editores, S.A.
- Huang, J., Shiva Kumar, G., Ren, J., Sun, Y., Li, Y., & Wang, C. (2022). Towards the potential usage of eggshell powder as bio-modifier for asphalt binder and mixture: workability and mechanical properties. *International Journal of Pavement Engineering*, 23(10), 3553–3565. <https://doi.org/10.1080/10298436.2021.1905809>
- Instituto del asfalto. (2014). *Manual del Asfalto*. Urmo.
- López, J., Silvera, M., & Campos, F. (2022). Evaluation of the effect of titanium dioxide on hot mix asphalt mixtures for flexible pavement at high temperatures. *Congreso Internacional de Innovación y Tendencias En Ingeniería (CONIITI)*, 1–5.
- Mamani Mamani, L. A. (2018). *Incidencias de la adición de Zeolita natural a la mezcla asfáltica en su comportamiento mecánico*. [Tesis para optar por el Grado Académico de Maestro en Ingeniería vial]. Universidad Ricardo Palma.
- Margret Sherin, J., & Bindu, C. (2022). Investigation of warm mix asphalt with cashew nut shell liquid: a sustainable green mix. *Innovative Infrastructure Solutions*, 7(251).
- Mariano Bravo, G. M. (2021). *Mezcla asfáltica SMA, fibra, ceniza del bagazo de caña de azúcar y su desempeño mecánico* [Tesis para optar el Grado Académico de Maestro en Ingeniería Vial, Universidad Ricardo Palma]. <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/4116?show=full>
- Martínez, A. (2023). La entrevista en profundidad y la observación directa: observaciones cualitativas para un enfoque holístico. *Revista Barataria*, 739–749.
- Minaya Gonzáles, S., & Ordóñez Huamán, A. (2006). *Diseño moderno de pavimentos asfálticos*.
- MTC. (2018). *Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos*.
- MTC E 204. (2000). *Análisis Granulométrico de Agregados Gruesos y Finos*.
- MTC E 205. (2000). *Gravedad específica y absorción de agregados finos*.
- MTC E 206. (2000). *Peso específico y absorción de agregados gruesos*.

- MTC E 502. (2000). *Extracción cuantitativa de asfalto en mezclas para pavimentos*.  
<https://studylib.es/doc/5306649/mtc-e-502>
- MTC E 504. (2000). *Resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall*. <https://docplayer.es/52252682-Resistencia-de-mezclas-bituminosas-empleando-el-aparato-marshall-mtc-e-504.html>
- MTC EG-2013. (2013). *Manual de carreteras. Especificaciones técnicas generales para construcción*.
- Muñoz Perez, S. P., & Onofre Maicelo, P. A. A. (2021). Use of recycled asphalt as an aggregate for asphalt mixtures: literary review. In *Innovative Infrastructure Solutions* (Vol. 6, Issue 3). Springer Science and Business Media Deutschland GmbH. <https://doi.org/10.1007/s41062-021-00516-x>
- Nejres, A. M., Mustafa, Y. F., & Aldewachi, H. S. (2022). Evaluation of natural asphalt properties treated with egg shell waste and low density polyethylene. *International Journal of Pavement Engineering*, 23(1), 39–45. <https://doi.org/10.1080/10298436.2020.1728534>
- Norma Técnica CE. 010. (2018). *Pavimentos Urbanos*.  
[www.construccion.org/icg@icgmail.org](http://www.construccion.org/icg@icgmail.org)
- Novillo Jiménez, J. C. (2022). *Innovación en el proceso de diseño de mezclas asfálticas en caliente para la ciudad de Loja, en obras de pavimentación urbana* [Tesis para optar el Grado de Máster en Ingeniería Civil con mención en Vial]. Universidad de Piiura.
- Ochoa Sangrador, & Molina Arias. (2018). Estadística. Tipos de variables. Escalas de medida. *Evidencias En Pediatría*.
- Pasquel Canchari, A., & Sovero Hervacio, D. (2019). *Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente con la Incorporación de Cáscara de Arroz en el Jr. Palmeras, Chiclayo - Lambayeque, 2019* [Tesis]. Universidad César Vallejo.
- Pérez Méndez, A., & Morales García, J. (2016). Utilización del cascarón de huevo como elemento constitutivo en agregados para aumentar las propiedades mecánicas de un material. *Revista Ingeniantes*, 1(2).
- Razzaq, A. K., Yousif, R. A., & Tayh, S. A. (2018). Characterization of hot mix asphalt modified by egg shell powder Using waste material in Subgrade improvement. In *International Journal of Engineering Research and Technology* (Vol. 11, Issue 3). <http://www.irphouse.com>

- Ruiz, G., Chávez, F., & Santamaria, E. (2020). Laboratory evaluation of seashells used as fine aggregate in hot mix asphalt. *International Journal of Pavement Engineering*, 21(5), 620–628.
- Tessema, A. T., Wolelaw, N. M., & Alene, G. A. (2022). Experimental evaluation of coffee husk ash as a filler in hot mix asphalt concrete productions. *Advances in Civil Engineering*, 2022. <https://doi.org/10.1155/2022/6726700>
- Universidad Nacional Mayor de San Simón. (2014). *Pavimentos*. [https://www.academia.edu/16406141/Libro\\_de\\_Pavimentos](https://www.academia.edu/16406141/Libro_de_Pavimentos)
- Useche, M., Artigas, W., & Queipo, B. (2019). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos cuali-cuantitativos*.
- Ventura León, J. L. (2017). ¿Población o muestra?: Una diferencia necesaria. *Revista Cubana de Salud Pública*, 43(3).
- Villafana Huamán, G. L., & Ramírez Villanueva, R. M. (2019). *Análisis del comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS Betutec IC y una mezcla asfáltica convencional 60/70* [Tesis]. Universidad Privada del Norte.

# ANEXOS

## Anexo 1: Matriz de consistencia

Influencia de la cáscara de huevo en mezclas asfálticas con agregados de Cantera San Martín, Km. 6 Carretera Central-Ate, 2023					Indicadores	Metodología
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensiones	Indicadores	Metodología
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	Variable Independiente			
¿Como influye la cáscara de huevo en las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023?	Determinar la influencia de la cáscara de huevo en las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023.	La cáscara de huevo influye favorablemente en las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023.	<b>Cáscara de huevo</b> Según Bedoya y Valencia (2020), la cáscara de huevo normal incluye sodio, potasio, zinc, manganeso, hierro y cobre, además de fósforo y magnesio. La parte restante de la cáscara de huevo seca está formada por un material de matriz orgánica con características de fijación del calcio, y la organización de este material durante el desarrollo de la cáscara es crucial para la resistencia de la misma.	Reemplazos parciales	0.00% 0.50% 1.00% 1.50%	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN: GENERAL: Científico
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	Variable dependiente	Dimensiones	Indicadores	Metodología
¿De qué manera influye la adición de cáscara de huevo en la granulometría de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023?	Evaluar la influencia de la adición de cáscara de huevo en la granulometría de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín- kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023.	La adición de cáscara de huevo influye favorablemente en la granulometría de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023.	<b>Mezclas asfálticas</b>	Propiedades físicas	Granulometría (ASTM D6913)	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Cuasi Experimental
¿Cuál es el efecto de la adición de cáscara de huevo en el flujo de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023?	Determinar el efecto de la adición de cáscara de huevo en el flujo de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023.	La adición de cáscara de huevo tiene efectos significativos al optimizar el flujo de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023.	Según Novillo (2022), la mezcla asfáltica se puede definir como una combinación de agregados minerales, aglomerados mediante un ligante asfáltico y mezclados de tal manera que los agregados pétreos queden cubiertos por una película uniforme de asfalto.		Flujo (ASTM D1559 y MTC E504)	Muestra: Los agregados de la cantera San Martín
¿Cómo influye la adición de cáscara de huevo en la estabilidad de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023?	Determinar la influencia de la adición de cáscara de huevo en la estabilidad de las mezclas asfálticas con agregados de Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023.	La adición de cáscara de huevo influye positivamente al incrementar la estabilidad de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023.			Estabilidad (ASTM D1559 y MTC E504)	TÉCNICA DE INVESTIGACIÓN: Observación directa y Análisis documental.
¿Cómo influye la adición de cáscara de huevo en la resistencia de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023?	Determinar la influencia de la adición de cáscara de huevo en la resistencia de las mezclas asfálticas con agregados de Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023.	La adición de cáscara de huevo influye favorablemente incrementando la resistencia de las mezclas asfálticas con agregados de la Cantera San Martín-Kilómetro 6+00 de la Carretera Central-Ate, 2023.			Propiedades mecánicas	Resistencia a compresión según ASTM D1074.

## Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN						
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	UNIDADES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE: Cascarilla de huevo	Según Chang (2020), La cáscara de huevo normal incluye sodio, potasio, zinc, manganeso, hierro y cobre, además de fósforo y magnesio. La parte restante de la cáscara de huevo seca está formada por un material de matriz orgánica con características de fijación del calcio, y la organización de este material durante el desarrollo de la cáscara es crucial para la resistencia de la misma.	La cascarilla de huevo se sustituirá en porcentajes de 1%, 3% y 5% en función del peso del agregado fino en la mezcla.	Reemplazos parciales	0.00	%	Razón
				0.00	%	Razón
				1.00	%	Razón
				1.50	%	Razón
VARIABLE DEPENDIENTE: Mezclas asfálticas	Según Novillo (2022), la mezcla asfáltica se puede definir como una combinación de agregados minerales, aglomerados mediante un ligante asfáltico y mezclados de tal manera que los agregados pétreos queden cubiertos por una película uniforme de asfalto.	Se realizarán ensayos de granulometría según la norma ASTM D6913, ensayo Marshall para hallar el flujo y estabilidad según la norma ASTM D1559 y MTC E504 y ensayo de resistencia a compresión según ASTM D1074, para determinar los cambios en las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica.	Propiedades físicas	Granulometría (ASTM D6913)	mm pulgadas	Razón
				Flujo (ASTM D1559 y MTC E504)	mm	Razón
			Propiedades mecánicas	Estabilidad (ASTM D1559 y MTC E504)	kN	Razón
				Resistencia a compresión según ASTM D1074.	Kg/cm <sup>2</sup>	Razón

**Anexo 3:** Ficha de recolección de datos para la granulometría del agregado fino



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES							
TÍTULO		"Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregados de Cantera San Martín Km. 6, Carretera Central-Ate, 2023"					
ENSAYO		Granulometría de agregados (ASTM C-136)					
FECHA							
INVESTIGADOR		Rojas Porras, Jhostin David					
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Acumulado	Porcentaje que pasa	Requisito de % que pasa	
3"	75					-	-
2"	50					-	-
1 ½"	37.5					-	-
1"	25					-	-
¾"	19					-	-
½"	12.5					-	-
3/8"	9.52					100	100
4	4.75					95	100
8	2.36					80	100
16	1.18					50	85
30	0.6					25	60
50	0.35					5	30
100	0.15					0	10
fondo						-	-
Total							
Módulo de finura =							
Curva Granulométrica							

Rangos de calificación

Rangos	Calificación
0 - 90%	Muy alta
0 - 70%	Alta
0 - 60%	Medio
0 - 50%	Baja
0 - 40 %	Muy baja

Validez	Nombres y Apellidos	Calificación	CIP	Firma
Experto 1				
Experto 2				
Experto 3				

**Anexo 4:** Ficha de recolección de datos para la granulometría del agregado grueso



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES						
TÍTULO	"Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregados de Cantera San Martín Km. 6, Carretera Central-Ate, 2023"					
ENSAYO	Granulometría del agregado grueso (ASTM C-136)					
FECHA						
INVESTIGADOR	Rojas Porras, Jhostin David					
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso retenido (g)	Porcentaje Retenido	Porcentaje Acumulado	Porcentaje que pasa	Requisito de % que pasa
3"	75					-
2"	50					-
1 ½"	37.5					-
1"	25					-
¾"	19					100
½"	12.5					85
3/8"	9.525					10
4	4.75					0
8	2.36					0
16	1.18					0
30	0.6					0
50	0.355					0
100	0.15					0
200	0.074					-
fondo						-
Total						
Módulo de finura =						
Curva Granulométrica						

Validez	Nombres y Apellidos	Calificación	CIP	Firma
Experto 1				
Experto 2				
Experto 3				

**Anexo 5:** Ficha de recolección de datos para la granulometría para la combinación de agregados



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES						
TÍTULO	"Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregados de Cantera San Martín Km. 6, Carretera Central-Ate, 2023"					
ENSAYO	Granulometría de la combinación de agregados (MTC E-502)					
FECHA						
INVESTIGADOR	Rojas Porras, Jhostin David					
Tamiz N°	Agregado fino	Agregado grueso	Cascarilla de huevo	Filler	Total	Requisito de % que pasa MAC - 2
3"						-
2"						-
1 ½"						-
1"						-
¾"						100
½"						80
3/8"						70
4						51
10						38
40						17
80						8
200						4
fondo						
Total						
Curva Granulométrica						

Validez	Nombres y Apellidos	Calificación	CIP	Firma
Experto 1				
Experto 2				
Experto 3				

**Anexo 6:** Ficha de recolección de datos para el peso unitario suelto y compactado de los agregados.



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

TITULO	"Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregados de Cantera San Martín Km. 6, Carretera Central-Ate, 2023"
ENSAYO	Peso unitario suelto y compactado de los agregados ASTM C 29/C29-17a
FECHA	
INVESTIGADOR	Rojas Porras, Jhostin David

PESO UNITARIO SUELTO

N.º	Peso de la muestra + molde (kg)	Peso de la muestra (kg)	Peso unitario (kg/cm <sup>3</sup> )
1			
2			
<b>Promedio</b>			
Peso unitario suelto kg/cm <sup>3</sup>			
<b>Vacios %</b>			

PESO UNITARIO COMPACTADO

N.º	Peso de la muestra + molde (kg)	Peso de la muestra (kg)	Peso unitario (kg/cm <sup>3</sup> )
1			
2			
<b>Promedio</b>			
Peso unitario suelto kg/cm <sup>3</sup>			
<b>Vacios %</b>			

Validez	Nombres y Apellidos	Calificación	CIP	Firma
Experto 1				
Experto 2				
Experto 3				

**Anexo 7:** Ficha de recolección de datos para el peso específico y absorción del agregado fino.



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES			
TITULO	"Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregados de Cantera San Martín Km. 6, Carretera Central-Ate, 2023"		
ENSAYO	Peso específico y absorción del agregado fino (MTC E-205)		
FECHA			
INVESTIGADOR	Rojas Porras, Jhostin David		
N.º	Descripción	Unidades	Datos
1	<b>Peso específico de la masa</b>	<b>g/cc</b>	
2	Peso específico saturado superficie seca S.S.S.	g/cc	
3	Peso específico aparente	g/cc	
4	<b>Porcentaje de absorción</b>	<b>%</b>	

Validez	Nombre y Apellidos	CIP	Calificación	Firma
Experto 1				
Experto 2				
Experto 3				

**Anexo 8:** Ficha de recolección de datos para el peso específico y absorción del agregado grueso.



<b>LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES</b>
---------------------------------------------

<b>TÍTULO</b>	"Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregados de Cantera San Martín Km. 6, Carretera Central-Ate, 2023"
<b>ENSAYO</b>	Peso específico y absorción del agregado grueso (MTC E 206)
<b>FECHA</b>	
<b>INVESTIGADOR</b>	Rojas Porras, Jhostin David

N.º	Descripción	Unidades	Datos
1	<b>Peso específico de la masa</b>	g/cc	
2	Peso específico saturado superficie seca S.S.S.	g/cc	
3	Peso específico aparente	g/cc	
4	<b>Porcentaje de absorción</b>	%	

Validez	Nombres y Apellidos	CIP	Calificación	Firma
Experto 1				
Experto 2				
Experto 3				

**Anexo 9:** Ficha de recolección de datos para ensayo de desgaste por abrasión



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES	
TÍTULO	"Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregados de Cantera San Martín Km. 6, Carretera Central-Ate, 2023"
ENSAYO	Desgaste por abrasión (MTC E-207)
FECHA	
INVESTIGADOR	Rojas Porras, Jhostin David

Identificación	Muestra N°		
	1	2	3
Gradación			
Peso inicial			
Peso material retenido Malla N°12 (gr)			
Peso material que pasa Malla N°12 (gr)			
Porcentaje de Desgaste (%)			

Validez	Nombre y Apellidos	CIP	Calificación	Firma
Experto 1				
Experto 2				
Experto 3				

**Anexo 10:** Ficha de recolección de datos para el diseño de mezclas Método Marshall



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES	
TÍTULO	"Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregados de Cantera San Martín Km. 6, Carretera Central-Ate, 2023"
ENSAYO	Diseño de mezclas Método Marshall (MTC E-504)
FECHA	
INVESTIGADOR	Rojas Porras, Jhostin David

**DOSIFICACIÓN MARSHALL**

Agregado grueso		Cemento asfáltico	
Gravedad específica seca aparente		Tipo de cemento asfáltico	
Gravedad específica seca Bulk		Densidad del cemento asfáltico	
Gravedad específica saturada superficialmente seca Bulk		Gravedad específica del cemento asfáltico	
% de Agregado grueso		% de cemento asfáltico	
Agregado fino		Filler	
Gravedad específica seca aparente		Gravedad específica	
Gravedad específica seca Bulk		% de Filler	
Gravedad específica saturada superficialmente seca Bulk			
% de Agregado fino		Cascarilla de huevo	
Gravedad específica seca Bulk de la combinación de agregados		Gravedad específica seca aparente	
Gravedad específica seca aparente de la combinación de agregados		Gravedad específica seca Bulk	
		% de cascarilla de huevo	

Validez	Nombre y Apellidos	CIP	Calificación	Firma
Experto 1				
Experto 2				
Experto 3				

## Anexo 11: Ficha de recolección de datos para el ensayo Marshall



### LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

TITULO	"Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregados de Cantera San Martín Km. 6, Carretera Central-Ate, 2023"
ENSAYO	Ensayo Marshall (ASTM D1559)
FECHA	
INVESTIGADOR	Rojas Porras, Jhostin David

ITEM	PASO	1	2	3	Promedio
1	% Cemento asfáltico				
2	Altura de la briqueta (cm)				
3	Peso de la briqueta seca (gr)				
4	Peso de la briqueta saturada superficialmente seca (gr)				
5	Peso de la briqueta sumergida en el agua (gr)				
6	Volumen de la briqueta (cm <sup>3</sup> )				
7	Densidad real (gr/cm <sup>3</sup> )				
8	Peso específico Bulk de la briqueta				
9	Peso específico teórico máximo				
10	Peso específico efectivo del agregado				
11	Porcentaje de asfalto absorbido por el agregado				
12	Porcentaje de asfalto efectivo				
13	% Vacíos en el agregado mineral VMA				
14	% Vacíos de aire en la briqueta VTM				
15	% Vacíos llenos de asfalto VFA				
16	Lectura dial del flujo				
17	<b>Flujo (mm)</b>				
18	Estabilidad sin corregir (Kg)				
19	Factor de estabilidad				
20	<b>Estabilidad corregida (Kg)</b>				
21	Índice de rigidez (Kg/cm)				

Validez	Nombre y Apellidos	CIP	Calificación	Firma
Experto 1				
Experto 2				
Experto 3				

**Anexo 12:** Ficha de recolección de datos para la resistencia a compresión



LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

TITULO	"Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregados de Cantera San Martín Km. 6, Carretera Central-Ate, 2023"
ENSAYO	Resistencia a compresión (ASTM D1074)
FECHA	
INVESTIGADOR	Rojas Porras, Jhostin David

Identificación del espécimen	Diámetro (cm)	Fuerza Máxima (kg)	Área cm <sup>2</sup>	Resistencia a compresión simple (MPa)	Resistencia a compresión simple promedio (MPa)
MP - 01					
MP - 02					
MP - 03					
MT (1%) - 01					
MT (1%) - 02					
MT (1%) - 03					
MT (3%) - 01					
MT (3%) - 02					
MT (3%) - 03					
MT (5%) - 01					
MT (5%) - 02					
MT (5%) - 03					

Validez	Nombre y Apellidos	CIP	Calificación	Firma
Experto 1				
Experto 2				
Experto 3				

## Anexo 13: Resultado de granulometría a la gravilla



**MASTERLEM S.A.C.**

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

RUC 20506076235

Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa - Lima - Perú

Teléfono: 950 270 955 - 01 5407661

Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)

Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



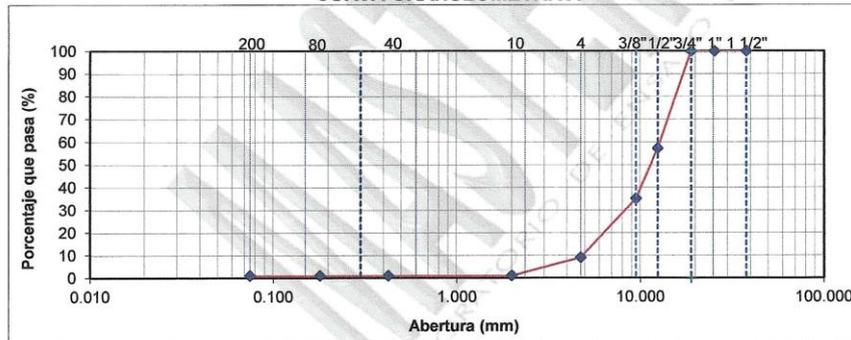
Solicitante : Jhostin David Rojas Porras  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023.  
 Expediente N° : 143\_23\_1  
 Fecha de Ensayo : 9/10/23  
 Fecha de Emisión : 13/10/23

Ubicación de laboratorio : Huachipa -Lima  
 Identificación de muestra : Cantera San Martín - Gravilla.

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO D 5444-15

TAMIZ	ABERTURAS (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
1 1/2"	37.900	0.00	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	2224.64	42.8	42.8	57.2
3/8"	9.500	1143.77	22.0	64.9	35.1
Nº 4	4.750	1353.98	26.1	90.9	9.1
Nº 10	2.000	415.80	8.0	98.9	1.1
Nº 40	0.425	0.00	0.0	98.9	1.1
Nº 80	0.180	0.00	0.0	98.9	1.1
Nº 200	0.075	0.00	0.0	98.9	1.1
< Nº 200	FONDO	55.55	1.1	100.0	0.0

### CURVA GRANULOMÉTRICA



### Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*Adderly*  
 ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADHA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 267341

## Anexo 14: Resultado de granulometría al confitillo



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
 Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)

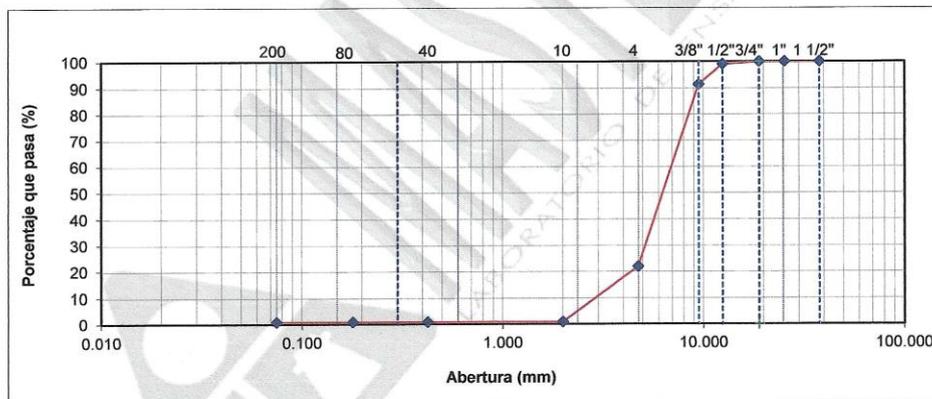


Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_2  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023. Fecha de Ensayo : 9/10/23  
 Fecha de Emisión : 13/10/23  
 Ubicación del Proyecto : Huachipa -Lima  
 Identificación de muestra : Cantera San Martín - Confitillo.

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO D 5444-15

TAMIZ	ABERTURAS (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
1 1/2"	37.900	0.00	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	47.04	0.9	0.9	99.1
3/8"	9.500	386.30	7.8	8.7	91.3
N° 4	4.750	3457.13	69.4	78.1	21.9
N° 10	2.000	1041.81	20.9	99.0	1.0
N° 40	0.425	0.00	0.0	99.0	1.0
N° 80	0.180	0.00	0.0	99.0	1.0
N° 200	0.075	0.00	0.0	99.0	1.0
< N° 200	FONDO	48.30	1.0	100.0	0.0

### CURVA GRANULOMÉTRICA



**Nota:** La muestra fue proporcionada e identificada por el cliente.

**Observaciones:**

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*Abderly Enrique Ortega Gadna*  
 ABDERLY ENRIQUE ORTEGA GADNA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 267341

## Anexo 15: Resultado de granulometría a la arena chancada



**MASTERLEM S.A.C.**  
 LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
 Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



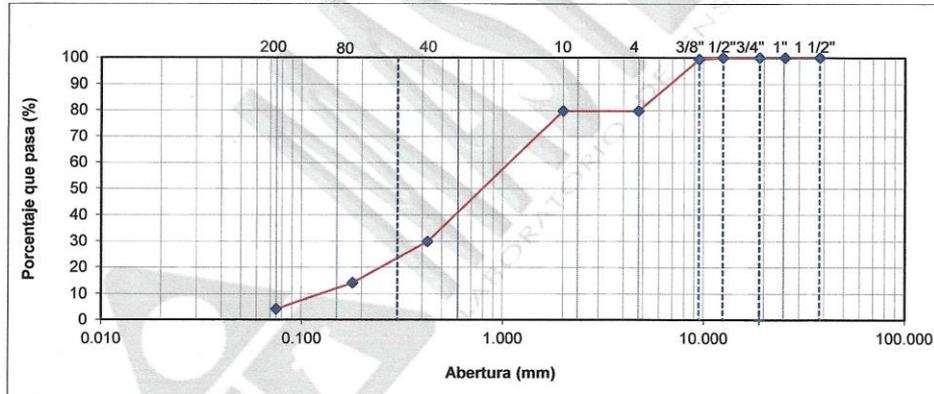
Solicitante : Jhostin David Rojas Porras  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023.  
 Expediente N° : 143\_23\_3  
 Fecha de Ensayo : 9/10/23  
 Fecha de Emisión : 13/10/23

Ubicación del Proyecto : Huachipa -Lima  
 Identificación de muestra : Cantera San Martín - Arena Chancada.

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO D 5444-15

TAMIZ	ABERTURAS (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
1 1/2"	37.900	0.00	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	3.57	0.6	0.6	99.4
Nº 4	4.750	108.99	19.6	20.2	79.8
Nº 10	2.000	0.00	0.0	20.2	79.8
Nº 40	0.425	277.62	49.9	70.2	29.8
Nº 80	0.180	87.47	15.7	85.9	14.1
Nº 200	0.075	54.92	9.9	95.8	4.2
< Nº 200	FONDO	23.63	4.2	100.0	0.0

### CURVA GRANULOMÉTRICA



**Nota:** La muestra fue proporcionada e identificada por el cliente.

**Observaciones:**

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*Abderly Ortega*  
 ABDERLY ENRIQUE ORTEGA GADNA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 267341

# Anexo 16: Resultado de granulometría a la arena natural



**MASTERLEM S.A.C.**  
 LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B". Lote 1, Int. 1 Huachipa - Lima - Perú  
 Teléfono: 950 270 955 - 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)

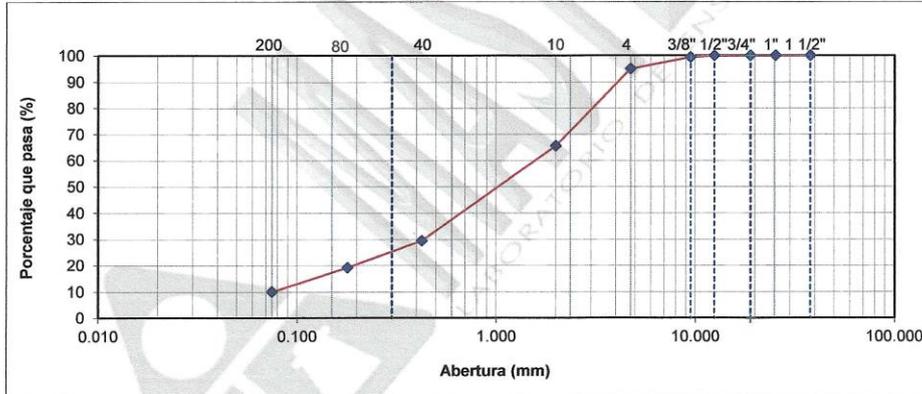


Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_4  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023 Fecha de Ensayo : 9/10/23  
 Fecha de Emisión : 13/10/23  
 Ubicación del Proyecto : Huachipa -Lima  
 Identificación de muestra : Cantera San Martín - Arena natural.

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 5444-15

TAMIZ	ABERTURAS (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA
1 1/2"	37.900	0.00	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	0.00	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.000	0.00	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.500	0.00	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.500	5.36	0.6	0.6	99.4
Nº 4	4.750	40.85	4.4	5.0	95.0
Nº 10	2.000	273.63	29.4	34.4	65.6
Nº 40	0.425	335.37	36.1	70.4	29.6
Nº 80	0.180	96.60	10.4	80.8	19.2
Nº 200	0.075	84.63	9.1	89.9	10.1
< Nº 200	FONDO	93.66	10.1	100.0	0.0

### CURVA GRANULOMÉTRICA



**Nota:** La muestra fue proporcionada e identificada por el cliente.

**Observaciones:**

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*ADDERLY ORTEGA*  
 ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADMA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 267341

# Anexo 17: Resultado de granulometría a la combinación de agregados para la mezcla asfáltica patrón



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
 Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)

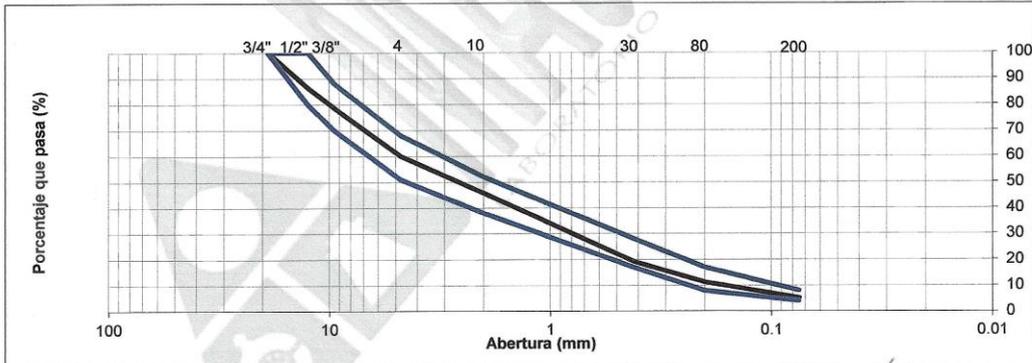


Solicitante : Jhostin David Rojas Porras. Expediente N° : 143\_23\_5  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Fecha de Ensayo : 9/10/23  
 Km 6 Carretera Central - Ate, 2023. Fecha de Emisión : 13/10/23  
 Ubicación del laboratorio : Huachipa -Lima.  
 Identificación de muestra : Cantera San Martín .

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MEZCLA ASTM D5444-15

MAC : Graduación granulométrica mezcla asfáltica en caliente  
 MAT ( A ) : Confitillo  
 MAT ( B ) : Agregado Gravilla  
 MAT ( C ) : Arena Chancada  
 MAT ( D ) : Arena natural

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MATERIAL A 5.0%	MATERIAL B 32.0%	MATERIAL C 27.0%	MATERIAL D 36.0%	MEZCLA 100.0%	ESPECIFICACIÓN MAC -2 MTC EG 213 -423-03	
3/4"	19.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100
1/2"	12.5	99.1	57.2	100.0	100.0	86.3	80	100
3/8"	9.5	91.3	35.1	99.4	99.4	78.4	70	88
Nº 4	4.75	21.9	9.1	79.8	95.0	59.8	51	68
Nº 10	2.00	1.0	1.1	79.8	65.6	45.6	38	52
Nº 40	0.42	1.0	1.1	29.8	29.6	19.1	17	28
Nº 80	0.20	1.0	1.1	14.1	19.2	11.1	8	17
Nº 200	0.075	1.0	1.0	4.2	10.1	5.1	4	8



*ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADNA*  
 ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADNA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 267341

# Anexo 18: Resultado de granulometría a la combinación de agregados para la mezcla asfáltica con 0.5% de CH



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa - Lima - Perú  
 Teléfono: 950 270 955 - 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras. Expediente N° : 143\_23\_5A1  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023. Fecha de Ensayo : 9/10/23  
 Fecha de Emisión : 13/10/23

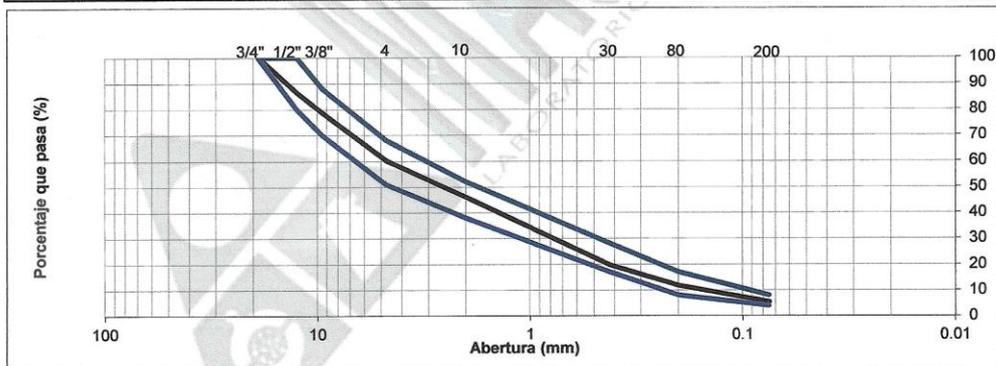
Ubicación del laboratorio : Huachipa -Lima.

Identificación de muestra : Cantera San Martín .

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO MEZCLA ASTM D5444-15

MAC : Graduación granulométrica mezcla asfáltica en caliente  
 MAT ( A ) : Confitillo  
 MAT ( B ) : Agregado Gravilla  
 MAT ( C ) : Arena Chancada  
 MAT ( D ) : Arena natural  
 MAT ( E ) : Cascarilla de huevo 0.5%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MATERIAL A 4.88%	MATERIAL B 31.88%	MATERIAL C 26.88%	MATERIAL D 35.88%	MATERIAL E 0.50%	MEZCLA 100.0%	ESPECIFICACIÓN MAC -2 MTC EG 213 -423-03	
3/4"	19.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100
1/2"	12.5	99.1	57.2	100.0	100.0	100.0	86.3	80	100
3/8"	9.5	91.3	35.1	99.4	99.4	100.0	78.5	70	88
N° 4	4.75	21.9	9.1	79.8	95.0	100.0	60.0	51	68
N° 10	2.00	1.0	1.1	79.8	65.6	100.0	45.9	38	52
N° 40	0.42	1.0	1.1	29.8	29.6	100.0	19.5	17	28
N° 80	0.20	1.0	1.1	14.1	19.2	100.0	11.6	8	17
N° 200	0.075	1.0	1.0	4.2	10.1	60.0	5.4	4	8



*Abderly Enrique Ortega Gadna*  
**ABDERLY ENRIQUE ORTEGA GADNA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 267341

# Anexo 19: Resultado de granulometría a la combinación de agregados para la mezcla asfáltica con 1% de CH



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
 Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras. Expediente N° : 143\_23\_5A  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023. Fecha de Ensayo : 9/10/23  
 Fecha de Emisión : 13/10/23

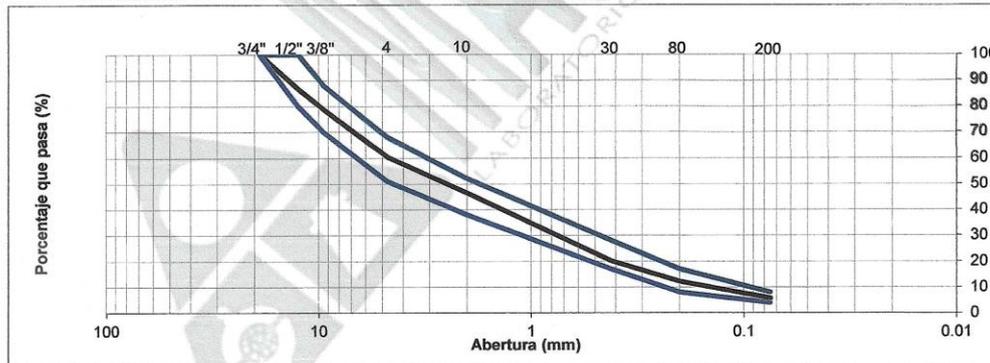
Ubicación del laboratorio : Huachipa -Lima.

Identificación de muestra : Cantera San Martín .

## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MEZCLA ASTM D5444-15

MAC : Graduación granulométrica mezcla asfáltica en caliente  
 MAT ( A ) : Confitillo  
 MAT ( B ) : Agregado Gravilla  
 MAT ( C ) : Arena Chancada  
 MAT ( D ) : Arena natural  
 MAT ( E ) : Cascarilla de huevo 1%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MATERIAL A 4.8%	MATERIAL B 31.8%	MATERIAL C 26.8%	MATERIAL D 35.8%	MATERIAL E 1.0%	MEZCLA 100.0%	ESPECIFICACIÓN MAC-2 MTC EG 213 -423-03	
3/4"	19.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100
1/2"	12.5	99.1	57.2	100.0	100.0	100.0	86.4	80	100
3/8"	9.5	91.3	35.1	99.4	99.4	100.0	78.6	70	88
N° 4	4.75	21.9	9.1	79.8	95.0	100.0	60.2	51	68
N° 10	2.00	1.0	1.1	79.8	65.6	100.0	46.2	38	52
N° 40	0.42	1.0	1.1	29.8	29.6	100.0	20.0	17	28
N° 80	0.20	1.0	1.1	14.1	19.2	100.0	12.0	8	17
N° 200	0.075	1.0	1.0	4.2	10.1	60.0	5.7	4	8



*Adderly Ortega*  
 ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADONA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 267341

**Anexo 20:** Resultado de granulometría a la combinación de agregados para la mezcla asfáltica con 1.5% de CH



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
 Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras. Expediente N° : 143\_23\_5A2  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023. Fecha de Ensayo : 9/10/23  
 Fecha de Emisión : 13/10/23

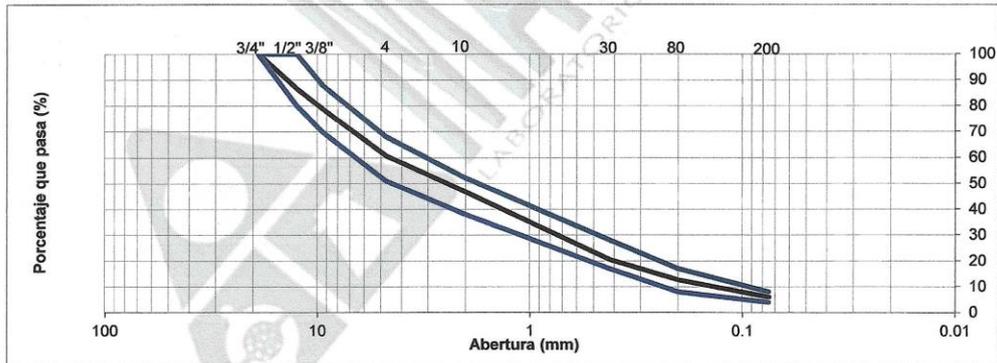
Ubicación del laboratorio : Huachipa -Lima.

Identificación de muestra : Cantera San Martín .

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO MEZCLA ASTM D5444-15**

MAC : Graduación granulométrica mezcla asfáltica en caliente  
 MAT ( A ) : Confitillo  
 MAT ( B ) : Agregado Gravilla  
 MAT ( C ) : Arena Chancada  
 MAT ( D ) : Arena natural  
 MAT ( E ) : Cascarilla de huevo 1.5%

TAMIZ	ABERTURA (mm)	MATERIAL A 4.63%	MATERIAL B 31.63%	MATERIAL C 26.63%	MATERIAL D 35.63%	MATERIAL E 1.50%	MEZCLA 100.0%	ESPECIFICACIÓN MAC -2 MTC EG 213 -423-03	
3/4"	19.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100
1/2"	12.5	99.1	57.2	100.0	100.0	100.0	86.4	80	100
3/8"	9.5	91.3	35.1	99.4	99.4	100.0	78.7	70	88
N° 4	4.75	21.9	9.1	79.8	95.0	100.0	60.5	51	68
N° 10	2.00	1.0	1.1	79.8	65.6	100.0	46.5	38	52
N° 40	0.42	1.0	1.1	29.8	29.6	100.0	20.4	17	28
N° 80	0.20	1.0	1.1	14.1	19.2	100.0	12.5	8	17
N° 200	0.075	1.0	1.0	4.2	10.1	60.0	6.0	4	8



*Adderly Ortega*  
**ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADNA**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 267341

## Anexo 21: Resultado del ensayo de desgaste por abrasión



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
 Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_10  
 Nombre del proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023. Fecha de ensayo : 9/10/23  
 Fecha de emisión : 13/10/23  
 Ubicación del laboratorio : Huachipa, Lima.  
 Identificación muestra : Cantera San Martín.

### DESGASTE POR ABRASIÓN (MÁQUINA DE LOS ÁNGELES) ASTM C 131

#### REFERENCIAS DE LA MUESTRA:

Identificación : Cantera San Martín. Presentación Sacos de polipropileno  
 Descripción : Piedra chancada Cantidad 120 kg aproximado

#### REFERENCIAS DEL ENSAYO:

DATOS DEL ENSAYO		PROCESO DEL ENSAYO	RESULTADOS (% DE PÉRDIDAS)
Tamaño máximo nominal	: 1/2"	Peso inicial lavado( seco) (g) : 5007	20
Gradación	: "B"	Peso seco final tamizado (g) : 3988	
Número de esferas	: 11		

#### Certificados de calibración de equipos

Certificados de calibración de N° LM-B-023-2023 BALANZA  
 Certificados de calibración de horno N° CMI-002-2022

#### Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*ADDERLY ORTEGA GADMA*  
 ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADMA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 267341

## Anexo 22: Resultado del peso específico teórico de la mezcla asfáltica patrón



### MASTERLEM S.A.C.

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES

RUC 20506076235

Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú

Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661

Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)

Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_7  
Nombre del proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023. Fecha de ensayo : 16/10/23  
Fecha de emisión : 20/10/23  
Ubicación del laboratorio : Huachipa - Lima.  
Identificación muestra : Muestra de Mezcla Asfáltica Patrón

#### PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLA ASFÁLTICA (ENSAYO RICE) ASTM D2041

N°	Resultados	Unidades	Promedio
1	Peso específico de la mezcla M-1	g/cm <sup>3</sup>	2.529
2	Peso específico de la mezcla M-2	g/cm <sup>3</sup>	2.527
3	Peso específico de la mezcla M-3	g/cm <sup>3</sup>	2.530

#### Certificados de calibración de equipos

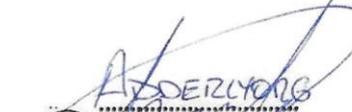
CERTIFICADO DE CALIBRACION LM-B-023-2023 BALANZA DIGITAL AND 21KG

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CMI-002-2022 HORNO DE SECADO

#### Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



  
ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADO  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 267341

# Anexo 23: Resultado del peso específico teórico de la mezcla asfáltica con 0.5% de CH



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
RUC 20506076235  
Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_8A  
Nombre del proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023. Fecha de ensayo : 16/10/23  
Fecha de emisión : 20/10/23  
Ubicación del laboratorio : Huachipa - Lima.  
Identificación muestra : Muestra de Mezcla Asfáltica con 0.50 % de Cascarilla de huevo

## PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLA ASFÁLTICA (ENSAYO RICE) ASTM D2041

N°	Resultados	Unidades	Promedio
1	Peso específico de la mezcla M-1	g/cm <sup>3</sup>	2.531
2	Peso específico de la mezcla M-2	g/cm <sup>3</sup>	2.531
3	Peso específico de la mezcla M-3	g/cm <sup>3</sup>	2.530

**Certificados de calibración de equipos**  
CERTIFICADO DE CALIBRACION LM-B-023-2023 BALANZA DIGITAL AND 21KG  
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CMI-002-2022 HORNO DE SECADO

### Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción se en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*Adderly Ortega*  
ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADNA  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 267341

# Anexo 24: Resultado del peso específico teórico de la mezcla asfáltica con 1% de CH



**MASTERLEM S.A.C.**  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
RUC 20506076235  
Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_8  
Nombre del proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023. Fecha de ensayo : 16/10/23  
Fecha de emisión : 20/10/23  
Ubicación del laboratorio : Huachipa - Lima.  
Identificación muestra : Muestra de Mezcla Asfáltica con 1.0 % de Cascarilla de huevo

## PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLA ASFÁLTICA (ENSAYO RICE) ASTM D2041

N°	Resultados	Unidades	Promedio
1	Peso específico de la mezcla M-1	g/cm <sup>3</sup>	2.531
2	Peso específico de la mezcla M-2	g/cm <sup>3</sup>	2.530
3	Peso específico de la mezcla M-3	g/cm <sup>3</sup>	2.531

**Certificados de calibración de equipos**  
CERTIFICADO DE CALIBRACION LM-B-023-2023 BALANZA DIGITAL AND 21KG  
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CMI-002-2022 HORNO DE SECADO

### Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*Adderly Ortega*  
ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADNA  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 267341

# Anexo 25: Resultado del peso específico teórico de la mezcla asfáltica con 1.5% de CH



**MASTERLEM S.A.C.**  
LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
RUC 20506076235  
Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_8B  
Nombre del proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023. Fecha de ensayo : 16/10/23  
Fecha de emisión : 20/10/23  
Ubicación del laboratorio : Huachipa - Lima.  
Identificación muestra : Muestra de Mezcla Asfáltica con 1.5 % de Cascarilla de huevo

## PESO ESPECÍFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLA ASFÁLTICA (ENSAYO RICE) ASTM D2041

N°	Resultados	Unidades	Promedio
1	Peso específico de la mezcla M-1	g/cm <sup>3</sup>	2.527
2	Peso específico de la mezcla M-2	g/cm <sup>3</sup>	2.524
3	Peso específico de la mezcla M-3	g/cm <sup>3</sup>	2.526

**Certificados de calibración de equipos**  
CERTIFICADO DE CALIBRACION LM-B-023-2023 BALANZA DIGITAL AND 21KG  
CERTIFICADO DE CALIBRACION CMI-002-2022 HORNO DE SECADO

### Observaciones

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción se en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*ADDERLY ORTEGA GADNA*  
ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADNA  
INGENIERO CIVIL  
CIP: 267341

## Anexo 26: Resultado de la muestra 1 para el ensayo Marshall para el C.A.



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
 Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_6  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023 Fecha de Ensayo : 9/10/23  
 Fecha de Emisión : 13/10/23  
 Ubicación del laboratorio : Huachipa -Lima Página 1 de 9  
 Identificación de muestra: : Cantera San Martín agregados + Asfalto PEN 60-70 procedente de Petroperú

### ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3	Prom.
2	C.A. En Peso de la Mezcla	%	4.00	4.00	4.00	4.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	38.59	38.59	38.59	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	57.41	57.41	57.41	
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	%	0.0	0.0	0.0	
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	g/cm <sup>3</sup>	1.00	1.00	1.000	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	g/cm <sup>3</sup>	2.78	2.78	2.78	
8	Peso Especifico Bulk de la Arena	g/cm <sup>3</sup>	2.66	2.66	2.66	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm <sup>3</sup>	0.00	0.00	0.00	
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.4	6.5	6.6	
11	Peso de la Probeta en el Aire	g	1247.4	1247.9	1249.2	
12	Peso de la Probeta Saturada	g	1251.3	1255.4	1251.2	
13	Peso de la Probeta en el Agua	g	730.2	733.7	727.7	
14	Volumen de la Probeta	cm <sup>3</sup>	521.1	521.7	523.5	
15	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm <sup>3</sup>	2.394	2.392	2.386	2.391
16	Peso Especifico Máximo (RICE)	g/cm <sup>3</sup>	2.565			
17	% de Vacios	%	6.68	6.75	6.97	6.80
18	Peso Especifico bulk del Agregado Total	g/cm <sup>3</sup>	2.707			
19	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	84.9	84.8	84.6	84.8
20	% de vacios llenados con C.A.	%	55.8	55.5	54.7	55.3
21	% Vacios del Agregado Mineral	%	15.1	15.2	15.4	15.2
22	Estabilidad sin Corregir	kg	1258.0	968.0	761.0	996
23	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	0.96	
24	Estabilidad Corregida	kg	1258.0	968.0	730.6	985.5
25	Lectura fluencia	mm	2.00	2.10	2.20	2.10

#### Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*ADDERLY ORTEGA*  
 ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADONA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 287341

## Anexo 27: Resultado de la muestra 2 para el ensayo Marshall para el C.A.



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
 Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_6  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023 Fecha de Ensayo : 9/10/23  
 Ubicación del laboratorio : Huachipa -Lima Fecha de Emisión : 13/10/23  
 Identificación de muestra: : Cantera San Martín agregados + Asfalto PEN 60-70 procedente de Petroperú Página 2 de 9

### ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3	Prom.
2	C.A. En Peso de la Mezcla	%	4.50	4.50	4.50	4.50
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	38.39	38.39	38.39	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	57.11	57.11	57.11	
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	%	0.0	0.0	0.0	
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	g/cm <sup>3</sup>	1.00	1.00	1.000	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	g/cm <sup>3</sup>	2.78	2.78	2.78	
8	Peso Especifico Bulk de la Arena	g/cm <sup>3</sup>	2.66	2.66	2.66	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm <sup>3</sup>	0.00	0.00	0.00	
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.4	6.4	6.4	
11	Peso de la Probeta en el Aire	g	1247.2	1247.9	1249.0	
12	Peso de la Probeta Saturada	g	1254.6	1254.1	1252.9	
13	Peso de la Probeta en el Agua	g	740.1	739.7	734.2	
14	Volumen de la Probeta	cm <sup>3</sup>	514.5	514.4	518.7	
15	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm <sup>3</sup>	2.424	2.426	2.408	2.419
16	Peso Especifico Máximo (RICE)	g/cm <sup>3</sup>	2.552			
17	% de Vacios	%	5.01	4.94	5.64	5.20
18	Peso Especifico bulk del Agregado Total	g/cm <sup>3</sup>	2.707			
19	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	85.5	85.6	85.0	85.4
20	% de vacios llenados con C.A.	%	65.4	65.7	62.5	64.5
21	% Vacios del Agregado Mineral	%	14.5	14.4	15.0	14.6
22	Estabilidad sin Corregir	kg	1119.0	1027.0	1000.0	1048.7
23	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
24	Estabilidad Corregida	kg	1119.0	1027.0	1000.0	1048.7
25	Lectura fluencia	mm	2.4	2.4	2.5	2.4

#### Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*ADDERLY ORTEGA*  
 ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADONA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 267341

## Anexo 28: Resultado de la muestra 3 para el ensayo Marshall para el C.A.



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
 Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_6  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023 Fecha de Ensayo : 9/10/23  
 Ubicación del laboratorio : Huachipa -Lima Fecha de Emisión : 13/10/23  
 Identificación de muestra: : Cantera San Martín agregados + Asfalto PEN 60-70 procedente de Petroperú Página 3 de 9

### ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3	Prom.
2	C.A. En Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	38.19	38.19	38.19	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	56.81	56.81	56.81	
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	%	0.0	0.00	0.0	
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	g/cm <sup>3</sup>	1.000	1.00	1.000	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	g/cm <sup>3</sup>	2.78	2.78	2.78	
8	Peso Especifico Bulk de la Arena	g/cm <sup>3</sup>	2.66	2.66	2.66	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm <sup>3</sup>	0.00	0.00	0.00	
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.4	6.4	6.4	
11	Peso de la Probeta en el Aire	g	1248.2	1247.4	1247.4	
12	Peso de la Probeta Saturada	g	1250.6	1251.0	1250.0	
13	Peso de la Probeta en el Agua	g	740.0	740.2	740.3	
14	Volumen de la Probeta	cm <sup>3</sup>	510.6	510.8	509.7	
15	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm <sup>3</sup>	2.445	2.442	2.447	2.445
16	Peso Especifico Máximo (RICE)	g/cm <sup>3</sup>	2.529			
17	% de Vacios	%	3.34	3.44	3.23	3.34
18	Peso Especifico bulk del Agregado Total	g/cm <sup>3</sup>	2.707			
19	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	86	86	86	86
20	% de vacios llenados con C.A.	%	77	76	77	77
21	% Vacios del Agregado Mineral	%	14.2	14.3	14.1	14
22	Estabilidad sin Corregir	kg	1080	1076	1051	
23	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
24	Estabilidad Corregida	kg	1080.0	1076.0	1051.0	1069
25	Lectura fluencia	mm	2.80	2.70	2.80	2.8

#### Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*ADOERLY ENRIQUE ORTEGA GAONA*  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 287341

## Anexo 29: Resultado de la muestra 4 para el ensayo Marshall para el C.A.



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
 Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_6  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023 Fecha de Ensayo : 9/10/23  
 Fecha de Emisión : 13/10/23  
 Ubicación del laboratorio : Huachipa -Lima Página 4 de 9  
 Identificación de muestra : Cantera San Martín agregados + Asfalto PEN 60-70 procedente de Petroperú

### ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3	Prom.
2	C.A. En Peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50	5.50
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37.99	37.99	37.99	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	56.51	56.51	56.51	
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	%	0.0	0.00	0.0	
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	g/cm <sup>3</sup>	1.000	1.00	1.000	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	g/cm <sup>3</sup>	2.78	2.78	2.78	
8	Peso Especifico Bulk de la Arena	g/cm <sup>3</sup>	2.66	2.66	2.66	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm <sup>3</sup>	0.00	0.00	0.00	
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.3	6.4	6.3	
11	Peso de la Probeta en el Aire	g	1245.2	1246.2	1245.4	
12	Peso de la Probeta Saturada	g	1246.3	1248.2	1246.2	
13	Peso de la Probeta en el Agua	g	739.9	738.4	740.7	
14	Volumen de la Probeta	cm <sup>3</sup>	506.4	509.8	505.5	
15	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm <sup>3</sup>	2.459	2.444	2.464	2.456
16	Peso Especifico Máximo (RICE)	g/cm <sup>3</sup>	2.508			
17	% de Vacios	%	1.96	2.53	1.77	2.09
18	Peso Especifico bulk del Agregado Total	g/cm <sup>3</sup>	2.707			
19	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	86	85	86	86
20	% de vacios llenados con C.A.	%	86	83	87	85
21	% Vacios del Agregado Mineral	%	14.2	14.7	14.0	14
22	Estabilidad sin Corregir	kg	1050	1020	1015	
23	Factor de Estabilidad		1.04	1.00	1.04	
24	Estabilidad Corregida	kg	1092.0	1020.0	1055.6	1056
25	Lectura fluencia	mm	3.10	3.10	3.20	3.1

#### Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*ADDERLY ORTEGA*  
 ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADONA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 287341

## Anexo 30: Resultado de la muestra 5 para el ensayo Marshall para el C.A.



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
 Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_6  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023 Fecha de Ensayo : 9/10/23  
 Ubicación del laboratorio : Huachipa -Lima Fecha de Emisión : 13/10/23  
 Identificación de muestra : Cantera San Martín agregados + Asfalto PEN 60-70 procedente de Petroperú Página 5 de 9

### ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

1	Nº DE PROBETA	Nº	1	2	3	Prom.
2	C.A. En Peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00	6.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37.79	37.79	37.79	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	56.21	56.21	56.21	
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	%	0.0	0.00	0.0	
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	g/cm <sup>3</sup>	1.000	1.00	1.000	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	g/cm <sup>3</sup>	2.78	2.78	2.78	
8	Peso Especifico Bulk de la Arena	g/cm <sup>3</sup>	2.66	2.66	2.66	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm <sup>3</sup>	0.00	0.00	0.00	
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.3	6.2	6.3	
11	Peso de la Probeta en el Aire	g	1243.1	1241.3	1243.9	
12	Peso de la Probeta Saturada	g	1243.5	1241.9	1244.6	
13	Peso de la Probeta en el Agua	g	740.2	741.1	742.3	
14	Volumen de la Probeta	cm <sup>3</sup>	503.3	500.8	502.3	
15	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm <sup>3</sup>	2.470	2.479	2.476	2.475
16	Peso Especifico Máximo (RICE)	g/cm <sup>3</sup>	2.495			
17	% de Vacios	%	1.01	0.66	0.75	0.80
18	Peso Especifico bulk del Agregado Total	g/cm <sup>3</sup>	2.707			
19	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	86	86	86	86
20	% de vacios llenados con C.A.	%	93	95	95	94
21	% Vacios del Agregado Mineral	%	14.2	13.9	14.0	14
22	Estabilidad sin Corregir	kg	916.0	934.0	939.0	930
23	Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04	
24	Estabilidad Corregida	kg	952.6	971.4	976.6	967
25	Lectura fluencia	mm	3.50	3.60	3.60	3.57

#### Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*ADDERLY ORTEGA*  
 ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADONA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 267341

## Anexo 30: Resultado de la muestra 5 para el ensayo Marshall para el C.A.

## Anexo 31: Resultado de la muestra 6 para el ensayo Marshall para el C.A.



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
 Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_6  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023 Fecha de Ensayo : 9/10/23  
 Fecha de Emisión : 13/10/23  
 Ubicación del laboratorio : Huachipa -Lima Página 6 de 9  
 Identificación de muestra: : Cantera San Martín agregados + Asfalto PEN 60-70 procedente de Petroperu

### ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

1	Nº DE PROBETA	Nº	1	2	3	Prom.
2	C.A. En Peso de la Mezcla	%	6.50	6.50	6.50	6.50
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37.59	37.59	37.59	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	55.91	55.91	55.91	
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	%	0.0	0.00	0.0	
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	g/cm <sup>3</sup>	1.000	1.00	1.000	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	g/cm <sup>3</sup>	2.78	2.78	2.78	
8	Peso Especifico Bulk de la Arena	g/cm <sup>3</sup>	2.66	2.66	2.66	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm <sup>3</sup>	0.00	0.00	0.00	
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.3	6.2	6.3	
11	Peso de la Probeta en el Aire	g	1240.3	1238.3	1239.0	
12	Peso de la Probeta Saturada	g	1240.8	1238.7	1239.3	
13	Peso de la Probeta en el Agua	g	739.9	739.6	739.1	
14	Volumen de la Probeta	cm <sup>3</sup>	500.9	499.1	500.2	
15	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm <sup>3</sup>	2.476	2.481	2.477	2.478
16	Peso Especifico Máximo (RICE)	g/cm <sup>3</sup>		2.479		
17	% de Vacios	%	0.12	-0.08	0.08	0.04
18	Peso Especifico bulk del Agregado Total	g/cm <sup>3</sup>		2.707		
19	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	86	86	86	86
20	% de vacios llenados con C.A.	%	99	101	99	100
21	% Vacios del Agregado Mineral	%	14.5	14.3	14.4	14
22	Estabilidad sin Corregir	kg	811.0	768.0	830.0	
23	Factor de Estabiilidad		1.04	1.04	1.04	
24	Estabilidad Corregida	kg	843.4	798.7	863.2	835
25	Lectura fluencia	mm	4.00	4.10	4.00	4.0

#### Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*ADDERLY ORTEGA*  
 ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADONA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 267341

## Anexo 32: Resultado de la muestra 7 para el ensayo Marshall para el C.A.



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
 Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_6  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023 Fecha de Ensayo : 9/10/23  
 Ubicación del laboratorio : Huachipa -Lima Fecha de Emisión : 13/10/23  
 Identificación de muestra : Cantera San Martín agregados + Asfalto PEN 60-70 procedente de Petroperú Página 7 de 9

### ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3	Prom.
2	C.A. En Peso de la Mezcla	%	7.00	7.00	7.00	7.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37.39	37.39	37.39	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	55.61	55.61	55.61	
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	%	0.0	0.00	0.0	
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	g/cm <sup>3</sup>	1.000	1.00	1.000	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	g/cm <sup>3</sup>	2.78	2.78	2.78	
8	Peso Especifico Bulk de la Arena	g/cm <sup>3</sup>	2.66	2.66	2.66	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm <sup>3</sup>	0.00	0.00	0.00	
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.3	6.4	6.3	
11	Peso de la Probeta en el Aire	g	1230.8	1236.8	1235.0	
12	Peso de la Probeta Saturada	g	1231.2	1237.2	1235.3	
13	Peso de la Probeta en el Agua	g	731.9	733.2	733.0	
14	Volumen de la Probeta	cm <sup>3</sup>	499.3	504.0	502.3	
15	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm <sup>3</sup>	2.465	2.454	2.459	2.459
16	Peso Especifico Máximo (RICE)	g/cm <sup>3</sup>		2.464		
17	% de Vacios	%	-0.04	0.41	0.22	0.19
18	Peso Especifico bulk del Agregado Total	g/cm <sup>3</sup>		2.707		
19	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	85	84	84	84
20	% de vacios llenados con C.A.	%	100	97	99	99
21	% Vacios del Agregado Mineral	%	15.3	15.7	15.5	15.5
22	Estabilidad sin Corregir	kg	719	720	783	741
23	Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04	
24	Estabilidad Corregida	kg	748	749	814	770
25	Lectura fluencia	mm	4.3	4.5	4.5	4.4

#### Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*ADDERLY ORTEGA*  
 ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GAONA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 287341

# Anexo 33: Gráficas del ensayo Marshall



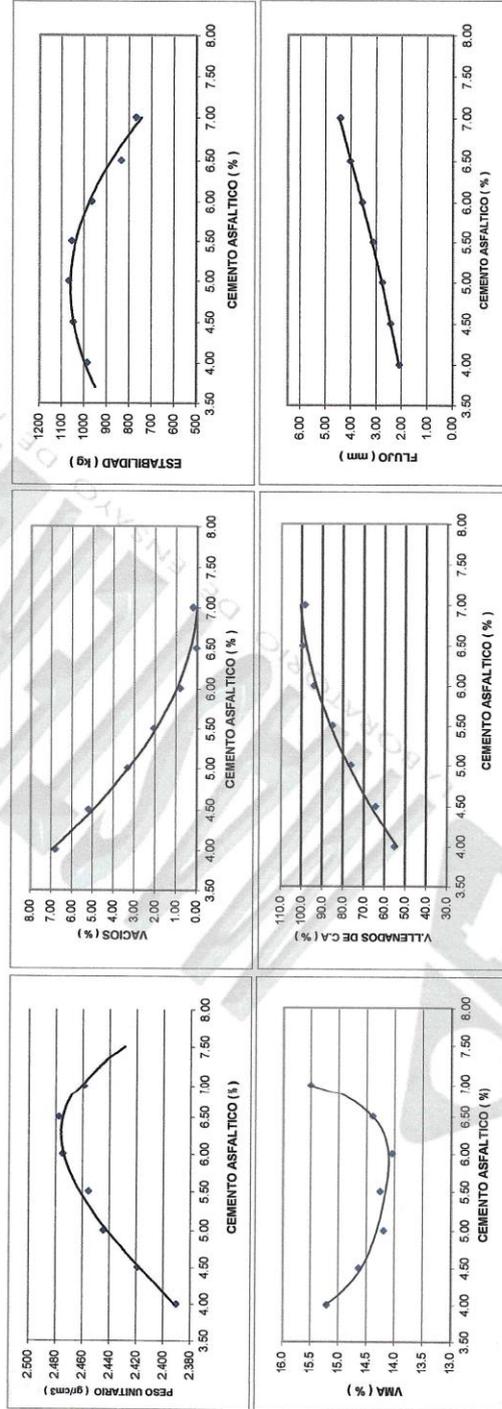
**MASTERLEM S.A.C.**  
 LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa - Lima - Perú  
 Teléfono: 950 270 955 - 01 5407661  
 Web: www.masterlem.com.pe  
 Email: servicios@masterlem.com.pe



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023  
 Expediente N° : 143\_23\_6  
 Fecha de Ensayo : 9/10/2023  
 Fecha de Emisión : 13/10/2023

Ubicación del laboratorio : Huachipa - Lima  
 Identificación de muestra : Cantera San Martín agregados + Asfalto PEN 60-70 procedente de Petroperú  
 Página 8 de 9

ENSAYO MARSHALL ASTM D -1559



*Adelino*  
 INGENIERO CIVIL  
 CP. 8731

# Anexo 34: Resultados del Contenido Óptimo de Asfalto según el ensayo Marshall



**MASTERLEM S.A.C.**  
 LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
 RUC 20560076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa - Lima - Perú  
 Teléfono: 950 270 955 - 01 5407661  
 Web: [WWW.MASTERLEM.COM.PE](http://WWW.MASTERLEM.COM.PE)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras  
 Nombre del Proyecto : Influenci de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central Expediente N° : 143\_23\_6  
 : Ate, 2023 Fecha de Emisión : 9/10/2023  
 Ubicación del laboratorio : Huachipa - Lima Fecha de Emisión : 13/10/23  
 Identificación de muestra : Cantera San Martín agregados + Asfalto PEN 60-70 procedente de Petrop Perú Página 9 de 9

## ENSAYO MARSHALL ASTM D - 1559

### CRITERIOS DE DISEÑO

DE ACUERDO CON LOS CRITERIOS DEL MÉTODO MARSHALL PARA MEZCLA ASFÁLTICA Y ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO SE INDICA LO SIGUIENTE:

TRÁFICO	Pesado
N° DE GOLPES POR CARA	75
ESTABILIDAD MÍNIMA	831 Kg
FLUJO	2 - 4 mm
PORCENTAJE DE VACÍOS EN LA MEZCLA RESPECTO AL VOLUMEN DEL ESPECIMEN	3 - 5 %
ESTABILIDAD/FLUJO Kg/cm <sup>2</sup>	1.700 - 4000
RELACION POLVO /ASFALTO	0.6- 1.3

### RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

EL CONTENIDO ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO SE DETERMINA A PARTIR DEL ESTUDIO DE LAS CURVA DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN CONSTANTE VS. CONTENIDO ASFÁLTICO:

CONTENIDO DE CEMENTO ASFÁLTICO	5.00	%
NUMERO DE GOLPES EN CADA LADO DEL ESPECIMEN	75	
ESTABILIDAD	1060	Kg.
FLUJO	2.8	mm
VACIOS DE AIRE EN LA MEZCLA	3.5	%
RELACION ESTABILIDAD /FLUJO	3029	Kg / cm
PESO UNITARIO	2444	g/cm <sup>3</sup>
RELACION POLVO /ASFALTO	0.9	
V.M.A.	14.4	%
VACÍOS LLENADOS CON CEMENTO ASFÁLTICO	77.0	%
CEMENTO ASFÁLTICO	5.00	%
AGREGADO GRUESO (42.5%)	38.19	%
AGREGADO FINO (59.8%)	56.81	%
		%
<b>MEZCLA DE AGREGADOS</b>	<b>95.00</b>	<b>%</b>
<b>CEMENTO ASFÁLTICO</b>	<b>5.00</b>	<b>%</b>
<b>MEZCLA ASFÁLTICA</b>	<b>100.0</b>	<b>%</b>



*ADDERLY ORTEGA GADMA*  
 INGENIERO CIVIL  
 CP: 20734

## Anexo 35: Resultados del ensayo Marshall para la mezcla patrón



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
 Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_13  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023. Fecha de Ensayo : 17/10/23  
 Fecha de Emisión : 20/10/23  
 Ubicación del laboratorio : Huachipa -Lima Página 1 de 4  
 Identificación de muestra: : Cantera San Martín agregados + Asfalto PEN 60-70 procedente de Petroperú  
 Muestra de Mezcla Asfáltica Patrón

### ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3	Prom.
2	C.A. En Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	38.19	38.19	38.19	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	56.81	56.81	56.81	
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	%	0.0	0.00	0.0	
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	g/cm <sup>3</sup>	1.000	1.00	1.000	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	g/cm <sup>3</sup>	2.78	2.78	2.78	
8	Peso Especifico Bulk de la Arena	g/cm <sup>3</sup>	2.66	2.66	2.66	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm <sup>3</sup>	0.00	0.00	0.00	
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.4	6.4	6.4	
11	Peso de la Probeta en el Aire	g	1247.9	1247.9	1247.4	
12	Peso de la Probeta Saturada	g	1249.3	1249.8	1249.1	
13	Peso de la Probeta en el Agua	g	738.8	739.5	738.4	
14	Volumen de la Probeta	cm <sup>3</sup>	510.5	510.3	510.7	
15	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm <sup>3</sup>	2.444	2.445	2.443	2.444
16	Maxima Densidad	g/cm <sup>3</sup>	2.529			
17	% de Vacios	%	3.34	3.30	3.42	3.4
18	Peso Especifico bulk del Agregado Total	g/cm <sup>3</sup>	2.707			
19	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	86	86	86	86
20	% de vacios llenados con C.A.	%	76	77	76	76
21	% Vacios del Agregado Mineral	%	14.2	14.2	14.3	14
22	Estabilidad sin Corregir	kg	1075	1078	1070	
23	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
24	Estabilidad Corregida	kg	1075	1078	1070	1074
25	Lectura del Flexímetro	mm	2.70	2.70	2.00	2.9

#### Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*Abderly Enríquez Ortega Gacón*  
**ABDERLY ENRIQUE ORTEGA GACÓN**  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 287341

## Anexo 36: Resultados del ensayo Marshall para la mezcla con 0.5% de CH

Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_13  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023. Fecha de Ensayo : 17/10/23  
 Fecha de Emisión : 20/10/23  
 Ubicación del laboratorio : Huachipa - Lima Página 2 de 4  
 Identificación de muestra: : Cantera San Martín agregados + Asfalto PEN 60-70 procedente de Petroperú  
 Muestra de Mezcla Asfáltica 0.5 % de Cascarilla de huevo

### ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3	Prom.
2	C.A. En Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37.99	37.99	37.99	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	56.51	56.51	56.51	
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	%	0.50	0.50	0.50	
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	g/cm <sup>3</sup>	1.000	1.00	1.000	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	g/cm <sup>3</sup>	2.78	2.78	2.78	
8	Peso Especifico Bulk de la Arena	g/cm <sup>3</sup>	2.66	2.66	2.66	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm <sup>3</sup>	2.40	2.40	2.40	
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.4	6.3	6.4	
11	Peso de la Probeta en el Aire	g	1248.1	1249.3	1247.9	
12	Peso de la Probeta Saturada	g	1250.1	1251.4	1250.2	
13	Peso de la Probeta en el Agua	g	740.0	741.4	741.0	
14	Volumen de la Probeta	cm <sup>3</sup>	510.1	510.0	509.2	
15	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm <sup>3</sup>	2.447	2.450	2.451	2.449
16	Maxima Densidad	g/cm <sup>3</sup>	2.531			
17	% de Vacios	%	3.33	3.22	3.17	3.2
18	Peso Especifico bulk del Agregado Total	g/cm <sup>3</sup>	2.721			
19	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	85	86	86	85
20	% de vacios llenados con C.A.	%	77	78	78	78
21	% Vacios del Agregado Mineral	%	14.6	14.5	14.4	15
22	Estabilidad sin Corregir	kg	1120	1124	1130	
23	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
24	Estabilidad Corregida	kg	1120	1124	1130	1125
25	Lectura del Fleximetro	mm	2.90	2.90	3.20	3.0

#### Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

## Anexo 37: Resultados del ensayo Marshall para la mezcla con 1% de CH

Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_13  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023. Fecha de Ensayo : 17/10/23  
 Fecha de Emisión : 20/10/23  
 Ubicación del laboratorio : Huachipa - Lima Página 2 de 4  
 Identificación de muestra: : Cantera San Martín agregados + Asfalto PEN 60-70 procedente de Petroperú  
 Muestra de Mezcla Asfáltica 0.5 % de Cascarilla de huevo

### ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3	Prom.
2	C.A. En Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37.99	37.99	37.99	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	56.51	56.51	56.51	
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	%	0.50	0.50	0.50	
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	g/cm <sup>3</sup>	1.000	1.00	1.000	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	g/cm <sup>3</sup>	2.78	2.78	2.78	
8	Peso Especifico Bulk de la Arena	g/cm <sup>3</sup>	2.66	2.66	2.66	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm <sup>3</sup>	2.40	2.40	2.40	
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.4	6.3	6.4	
11	Peso de la Probeta en el Aire	g	1248.1	1249.3	1247.9	
12	Peso de la Probeta Saturada	g	1250.1	1251.4	1250.2	
13	Peso de la Probeta en el Agua	g	740.0	741.4	741.0	
14	Volumen de la Probeta	cm <sup>3</sup>	510.1	510.0	509.2	
15	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm <sup>3</sup>	2.447	2.450	2.451	2.449
16	Maxima Densidad	g/cm <sup>3</sup>	2.531			
17	% de Vacios	%	3.33	3.22	3.17	3.2
18	Peso Especifico bulk del Agregado Total	g/cm <sup>3</sup>	2.721			
19	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	85	86	86	85
20	% de vacios llenados con C.A.	%	77	78	78	78
21	% Vacios del Agregado Mineral	%	14.6	14.5	14.4	15
22	Estabilidad sin Corregir	kg	1120	1124	1130	
23	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
24	Estabilidad Corregida	kg	1120	1124	1130	1125
25	Lectura del Fleximetro	mm	2.90	2.90	3.20	3.0

#### Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

## Anexo 38: Resultados del ensayo Marshall para la mezcla con 1.5% de CH

Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_13  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023. Fecha de Ensayo : 17/10/23  
 Ubicación del laboratorio : Huachipa -Lima Fecha de Emisión : 20/10/23  
 Identificación de muestra: : Cantera San Martín agregados + Asfalto PEN 60-70 procedente de Petroperú  
 Muestra de Mezcla Asfáltica 1.5 % de Cascarilla de huevo

### ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3	Prom.
2	C.A. En Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37.59	37.59	37.59	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	55.91	55.91	55.91	
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	%	1.50	1.50	1.50	
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	g/cm <sup>3</sup>	1.00	1.00	1.00	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	g/cm <sup>3</sup>	2.78	2.78	2.78	
8	Peso Especifico Bulk de la Arena	g/cm <sup>3</sup>	2.66	2.66	2.66	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm <sup>3</sup>	2.40	2.40	2.40	
10	Altura Promedio de la Probeta	cm	6.3	6.4	6.3	
11	Peso de la Probeta en el Aire	g	1247.9	1248.9	1248.4	
12	Peso de la Probeta Saturada	g	1249.8	1250.8	1250.4	
13	Peso de la Probeta en el Agua	g	740.6	740.4	741.5	
14	Volumen de la Probeta	cm <sup>3</sup>	509.2	510.4	508.9	
15	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm <sup>3</sup>	2.451	2.447	2.453	2.450
16	Maxima Densidad	g/cm <sup>3</sup>	2.526			
17	% de Vacios	%	2.98	3.13	2.88	3.0
18	Peso Especifico bulk del Agregado Total	g/cm <sup>3</sup>	2.750			
19	% del Volumen del Agregado/Volumen Bruto de la Probeta	%	85	85	85	85
20	% de vacios llenados con C.A.	%	81	80	81	80
21	% Vacios del Agregado Mineral	%	15.4	15.5	15.3	15
22	Estabilidad sin Corregir	kg	1122	1118	1117	
23	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
24	Estabilidad Corregida	kg	1122	1118	1117	1119
25	Lectura del Fleximetro	mm	3.70	3.50	3.40	3.5

#### Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.

## Anexo 39: Resultados de la resistencia a compresión de la muestra patrón



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
 Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_14  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023. Fecha de Ensayo : 17/10/23  
 Fecha de Emisión : 20/10/23  
 Ubicación del laboratorio : Huachipa -Lima Página 1 de 4  
 Identificación de muestra: : Cantera San Martín agregados + Asfalto PEN 60-70 procedente de Petroperú  
 Muestra de Mezcla Asfáltica Patrón

### ENSAYO COMPRESION MEZCLA ASFALTICA ASTM D-1074 - 02

1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3	Prom.
2	C.A. En Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	38.19	38.19	38.19	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	56.81	56.81	56.81	
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	%	0.0	0.00	0.0	
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	g/cm <sup>3</sup>	1.00	1.00	1.00	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	g/cm <sup>3</sup>	2.78	2.78	2.78	
8	Peso Especifico Bulk de la Arena	g/cm <sup>3</sup>	2.66	2.66	2.66	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm <sup>3</sup>	0.00	0.00	0.00	
10	Diametro promedio de la Probeta	cm	10.2	10.1	10.2	10.1
11	Espesor promedio de la Probeta	cm	10.2	10.1	10.1	
12	Peso de la Probeta en el Aire	g	1247.9	1247.9	1247.4	
13	Peso de la Probeta Saturada	g	1249.3	1249.8	1249.1	
14	Peso de la Probeta en el Agua	g	738.8	739.5	738.4	
15	Volumen de la Probeta	cm <sup>3</sup>	510.5	510.3	510.7	
16	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm <sup>3</sup>	2.444	2.445	2.443	2.444
17	Carga	kg-f	2845	2890	2940	
18	Area	cm <sup>2</sup>	80.9	80.4	80.9	
19	Resistencia a la compresión	kg/cm <sup>2</sup>	35.2	35.9	36.3	35.8

#### Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADANA*  
 ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADANA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 267341

# Anexo 40: Resultados de la resistencia a compresión de la muestra con 0.5% de CH



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
 Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_14  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023. Fecha de Ensayo : 17/10/23  
 Fecha de Emisión : 20/10/23  
 Ubicación del laboratorio : Huachipa -Lima Página 2 de 4  
 Identificación de muestra: : Cantera San Martín agregados + Asfalto PEN 60-70 procedente de Petroperú  
 Muestra de Mezcla Asfáltica 0.5% Cascarilla de huevo

## ENSAYO COMPRESION MEZCLA ASFALTICA ASTM D-1074 - 02

1	Nº DE PROBETA	Nº	1	2	3	Prom.
2	C.A. En Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37.99	37.99	37.99	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	56.51	56.51	56.51	
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	%	0.50	0.50	0.50	
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfaltico	g/cm <sup>3</sup>	1.00	1.00	1.00	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	g/cm <sup>3</sup>	2.78	2.78	2.78	
8	Peso Especifico Bulk de la Arena	g/cm <sup>3</sup>	2.66	2.66	2.66	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm <sup>3</sup>	2.40	2.40	2.40	
10	Diametro promedio de la Probeta	cm	10.1	10.1	10.1	10.1
11	Espesor promedio de la Probeta	cm	10.1	10.1	10.2	
12	Peso de la Probeta en el Aire	g	1247.9	1248.7	1248.0	
13	Peso de la Probeta Saturada	g	1249.8	1250.6	1250.1	
14	Peso de la Probeta en el Agua	g	740.1	741.2	740.2	
15	Volumen de la Probeta	cm <sup>3</sup>	509.7	509.4	509.9	
16	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm <sup>3</sup>	2.448	2.451	2.448	2.449
17	Carga	kg-f	3010	3030	3000	
18	Area	cm <sup>2</sup>	80.3	80.4	80.1	
19	Resistencia a la compresión	kg/cm <sup>2</sup>	37.5	37.7	37.4	37.5

### Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*ADDERLY ORTEGA*  
 ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADNA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 267341

# Anexo 41: Resultados de la resistencia a compresión de la muestra con 1% de CH



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
 Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_14  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023. Fecha de Ensayo : 17/10/23  
 Fecha de Emisión : 20/10/23  
 Ubicación del laboratorio : Huachipa -Lima Página 3 de 4  
 Identificación de muestra : Cantera San Martín agregados + Asfalto PEN 60-70 procedente de Petroperú  
 Muestra de Mezcla Asfáltica 1% Cascarilla de huevo

## ENSAYO COMPRESION MEZCLA ASFALTICA ASTM D-1074 - 02

1	N° DE PROBETA	N°	1	2	3	Prom.
2	C.A. En Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37.79	37.79	37.79	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	56.21	56.21	56.21	
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	%	1.00	1.00	1.00	
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	g/cm <sup>3</sup>	1.00	1.00	1.00	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	g/cm <sup>3</sup>	2.78	2.78	2.78	
8	Peso Especifico Bulk de la Arena	g/cm <sup>3</sup>	2.66	2.66	2.66	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm <sup>3</sup>	2.40	2.40	2.40	
10	Diametro promedio de la Probeta	cm	10.1	10.1	10.2	10.1
11	Espesor promedio de la Probeta	cm	10.1	10.1	10.1	
12	Peso de la Probeta en el Aire	g	1248.0	1249.0	1248.2	
13	Peso de la Probeta Saturada	g	1249.9	1250.9	1250.2	
14	Peso de la Probeta en el Agua	g	741.1	741.0	741.5	
15	Volumen de la Probeta	cm <sup>3</sup>	508.8	509.9	508.7	
16	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm <sup>3</sup>	2.453	2.449	2.454	2.452
17	Carga	kg-f	3120	3050	3002	
18	Area	cm <sup>2</sup>	80.3	80.4	80.9	
19	Resistencia a la compresión	kg/cm <sup>2</sup>	38.9	37.9	37.1	38.0

### Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*Adderly Ortega Gadoña*  
 ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GADOÑA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 267341

## Anexo 42: Resultados de la resistencia a compresión de la muestra con 1.5% de CH



**MASTERLEM S.A.C.**  
**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
 RUC 20506076235  
 Dirección: Av. Circunvalación Mz. "B", Lote 1, Int. 1 Huachipa – Lima – Perú  
 Teléfono: 950 270 955 – 01 5407661  
 Web: [www.masterlem.com.pe](http://www.masterlem.com.pe)  
 Email: [servicios@masterlem.com.pe](mailto:servicios@masterlem.com.pe)



Solicitante : Jhostin David Rojas Porras Expediente N° : 143\_23\_14  
 Nombre del Proyecto : Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregado de la cantera San Martín Km 6 Carretera Central - Ate, 2023. Fecha de Ensayo : 17/10/23  
 Fecha de Emisión : 20/10/23  
 Ubicación del laboratorio : Huachipa -Lima Página 4 de 4  
 Identificación de muestra: : Cantera San Martín agregados + Asfalto PEN 60-70 procedente de Petroperú  
 Muestra de Mezcla Asfáltica 1.5% Cascarilla de huevo

### ENSAYO COMPRESION MEZCLA ASFALTICA ASTM D-1074 - 02

1	Nº DE PROBETA	Nº	1	2	3	Prom.
2	C.A. En Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37.59	37.59	37.59	
4	% de Arenas Combinadas en Peso de Mezcla	%	55.91	55.91	55.91	
5	% de Filler en Peso de la Mezcla	%	1.50	1.50	1.50	
6	Peso Especifico Aparente del Cemento Asfáltico	g/cm <sup>3</sup>	1.00	1.00	1.00	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	g/cm <sup>3</sup>	2.78	2.78	2.78	
8	Peso Especifico Bulk de la Arena	g/cm <sup>3</sup>	2.66	2.66	2.66	
9	Peso Especifico Aparente del Filler	g/cm <sup>3</sup>	2.40	2.40	2.40	
10	Diametro promedio de la Probeta	cm	10.2	10.2	10.2	10.2
11	Espesor promedio de la Probeta	cm	10.2	10.2	10.1	
12	Peso de la Probeta en el Aire	g	1248.9	1249.1	1248.0	
13	Peso de la Probeta Saturada	g	1251.1	1251.1	1250.0	
14	Peso de la Probeta en el Agua	g	741.9	741.1	740.1	
15	Volumen de la Probeta	cm <sup>3</sup>	509.2	510.0	509.9	
16	Peso Especifico Bulk de la Probeta	g/cm <sup>3</sup>	2.453	2.449	2.448	2.450
17	Carga	kg-f	3000	3005	3025	
18	Area	cm <sup>2</sup>	81.7	81.7	80.9	
19	Resistencia a la compresión	kg/cm <sup>2</sup>	36.7	36.8	37.4	37.0

#### Observaciones:

El presente documento no deberá reproducirse sin la autorización escrita del laboratorio, salvo que la reproducción sea en su totalidad. El laboratorio no se hace responsable por el mal uso de los resultados presentados.



*ADDERLY ORTEGA*  
 ADDERLY ENRIQUE ORTEGA GACNA  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP: 267341

## Anexo 43. Panel fotográfico

### OBTENCIÓN DE CÁSCARA DE HUEVO



Recolección de cáscara de huevo



Trituración de cáscara de huevo



Tamizado de cáscara de huevo



Registro del peso

### ENSAYOS A LOS AGREGADOS



Cuarteo de agregado grueso



Cuarteo de agregado fino



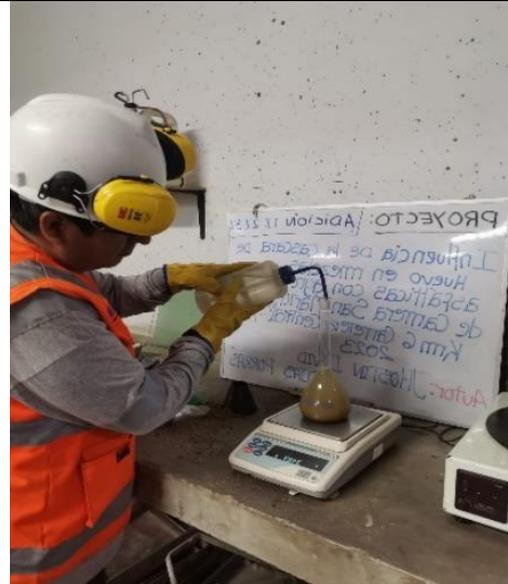
Granulometría de agregados finos



Granulometría de agregados gruesos



Peso específico del agregado grueso



Peso específico del agregado fino



Calentamiento del asfalto



Compactación de briquetas



Desmoldaje de briquetas



Obtención de briquetas



Registro de peso de briqueta



Ensayo Marshall



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, MEDRANO SANCHEZ EMILIO JOSÉ, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ATE, asesor de Tesis titulada: "Influencia de la cascarilla de huevo en mezclas asfálticas con agregados de Cantera San Martín, Km. 6 Carretera Central-Ate, 2023", cuyo autor es ROJAS PORRAS JHOSTIN DAVID, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 18.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo 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.

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

LIMA, 03 de Noviembre del 2023

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
EMILIO JOSÉ MEDRANO SANCHEZ <b>DNI:</b> 21815819 <b>ORCID:</b> 0000-0003-0002-5876	Firmado electrónicamente por: EMEDRANOS el 03- 11-2023 16:58:36

Código documento Trilce: TRI - 0652849