



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica  
con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTORA:**

Quispe Pacheco, Yasmin Catherine (ORCID: 0000-0002-1898-7064)

**ASESOR:**

Dr. Fernández Díaz, Carlos Mario (ORCID: 0000-0001-6774-8839)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

**LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:**

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2022

## Dedicatoria

El presente trabajo se lo dedico a mis padres por su enorme paciencia, confianza, apoyo constante e incondicional, por ser el motor que me impulso a continuar y llegar hasta aquí y por ser la motivación del día a día de ser mejor persona con humildad, bondad y perseverancia.

## **Agradecimiento**

Primero muy agradecido con Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi carrera y más, segundo agradecer a mi asesor por la guía constante y a la universidad por brindarnos la herramienta necesaria para poder desarrollar el presente trabajo.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de Tablas	v
Índice de gráficos y figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	9
II. MARCO TEÓRICO	12
III. METODOLOGÍA	19
3.1. Tipo y diseño de investigación	19
3.2. Variables y operacionalización	19
3.3. Población, muestra y muestreo	20
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	21
3.5. Procedimientos	22
3.6. Método de análisis de datos	22
3.7. Aspectos éticos	23
IV. RESULTADOS	24
V. DISCUSIÓN	31
VI. CONCLUSIONES	36
VII. RECOMENDACIONES	37
REFERENCIAS	38
ANEXOS	45
	47

## Índice de Tablas

Tabla 2. <i>Resultado del peso específico y absorción de los agregados</i> .....	24
Tabla 1. <i>Resultado del análisis granulométrico por tamizado del agregado fino</i> .....	25
Tabla 3. <i>Resultados del método Marshall de las mezclas de HMA con nanoaadiivos</i> .....	26
Tabla 4. <i>Selección del óptimo contenido de asfalto.</i> .....	27
Tabla 5. <i>Valores del flujo</i> .....	28
Tabla 6. <i>Resultados del método Lottman Modificado de las mezclas de HMA.</i> .....	29
Tabla 7. <i>Resultados de la prueba de tracción indirecta</i> .....	30

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1 .....	46
<i>Límites de Atterberg</i> .....	46
Figura 2 .....	46
<i>Límites de Atterberg</i> .....	46
.....	46
Figura 3 .....	47
<i>Tamizado por la malla #200</i> .....	47
Figura 4 .....	47
<i>Análisis granulométrico</i> .....	47
Figura 5 .....	48
<i>Compactación con martillo compactador</i> .....	48
Figura 6 .....	48
<i>Retiro de muestras con gata hidráulica</i> .....	48
Figura 7 .....	49
<i>Colocación de muestras en las mordazas Marshall y Lottman</i> .....	49
Figura 8 .....	49
<i>Registro de estabilidad y deformación</i> .....	49
Figura 9 .....	50
<i>Registro de resistencia a la humedad Lottman de acuerdo con AASHTO T-283</i> .....	50

## Resumen

La mezcla asfáltica en caliente (HMA), es ampliamente utilizada en la pavimentación asfáltica en la mayoría de los países, la formación de surcos es una de las fallas más comunes en los pavimentos flexibles también experimentan pérdida de resistencia en condiciones húmedas, de no atender los problemas se causaría deterioros a las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica presentando daños tempranos del asfalto como grietas y baches. El presente trabajo experimental tuvo como objetivo determinar el efecto de los análisis de la resistencia a la deformación en la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, utilizando nanoarcilla al 0.5%, 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5% y nanocarbonato de calcio al 0.5%. Se aplicará los métodos Marshall ASTM D-1559 y Lottman modificado ASTM D-4867-04, para así encontrar la deformación y la resistencia a la humedad respectivamente. De los resultados se puede estipular que la adición de nanoarcilla al 3.5% y nanocarbonato de calcio al 0.5% mejoraron la propiedad de estabilidad de la mezcla asfáltica, la resistencia a la humedad todas las mezclas obtuvieron valores mayores del 80%, se concluye que los nanoaditivos usados son la mejor opción para sustituir parcialmente el agregado fino ya sea como parte funcional, económica y ecológica.

Palabras claves: mezcla asfáltica, nanocarbonato de calcio, nanoarcilla

## **Abstract**

Hot mix asphalt (HMA), is widely used in asphalt paving in most countries, rutting is one of the most common failures inflexible pavements, they also experience loss of resistance in wet conditions, if not attended The problems would cause deterioration to the mechanical properties of the asphalt mix, presenting early asphalt damage such as cracks and potholes. The objective of this experimental work was to determine the effect of the analysis of the resistance to deformation in the asphalt mixture with calcium nanocarbonate and nanoclay, using nanoclay at 0.5%, 1.5%, 2.5%, 3.5% and 4.5% and nanocarbonate of 0.5% calcium. The Marshall ASTM D-1559 and Lottman modified ASTM D-4867-04 methods will be applied, in order to find the deformation and resistance to humidity respectively. From the results it can be stipulated that the addition of 3.5% nanoclay and 0.5% calcium nanocarbonate improved the stability property of the asphalt mixture, the resistance to humidity, all the mixtures obtained values greater than 80%, it is concluded that the Used nanoadditives are the best option to partially replace the fine aggregate, either as a functional, economical and ecological part.

Keywords: asphalt mix, calcium nanocarbonate, nanoclay

## I. INTRODUCCIÓN

La mezcla asfáltica en caliente (HMA) puede experimentar pérdida de resistencia en condiciones húmedas, dicho cambio se da por la pérdida de adherencia entre la superficie del agregado y el betún, dicho fenómeno se identifica con el nombre stripping y es considerado como uno de los problemas más relevantes de los pavimentos (Akbari y Modarres, 2017). Siendo la sensibilidad a la humedad un problema en condiciones húmedas ocurridas en las capas de la mezcla asfáltica a través de su vida útil denominándose la pérdida de resistencia en la masilla o de la durabilidad en la superficie de contacto con el ligante asfáltico y el agregado siendo estos la pérdida de adhesión y la pérdida de cohesión respectivamente (Arabani, Ranjbar y Hossein, 2020). La formación de surcos es una de las fallas más comunes en los pavimentos flexibles y puede afectar las características de control del vehículo. Aunque el ligante asfáltico constituye un pequeño porcentaje de la mezcla asfáltica, sus propiedades juegan un papel crucial en el desempeño del pavimento y su resistencia a la formación de surcos (Ameri, Vamegh, Rooholamini y Haddadi, 2018). La falla prematura o el pésimo desempeño de los pavimentos de asfalto se debe a la débil adhesión entre el aglutinante y los agregados, el envejecimiento del asfalto modifica las características del asfalto como disminución de durabilidad y se acompaña de endurecimiento siendo un problema clave para la ingeniería de pavimentos (Fernández, 2017).

Internacionalmente, la utilización de mezcla asfáltica tibia (WMA) su popularidad fue creciendo entre las autoridades y el pavimento industrial, gracias a su tecnología reduce las emisiones contaminantes y un 30% del consumo de combustible durante la producción y construcción de mezclas asfálticas sin afectar significativamente las propiedades de estas (Ezree et al., 2016). La preocupación de mejorar la prolongación de vida útil y la resistencia del asfalto dañadas por las condiciones climáticas y las cargas provocadas por el tráfico fueron puntos clave por resolver por los constructores de carreteras por lo tanto se han realizado estudios sobre cambiar la agregación, utilizar variados aditivos y modificar la composición del asfalto (Shafabakhsh, Sadeghnejad, Ahoor y Taheri, 2020).

En la actualidad, el empleo de los cementos asfálticos modificados se desarrolla de forma moderada teniendo en cuenta la totalidad de la demanda de materiales asfálticos, así como una buena verificación de logística en lo que confiere a materiales reciclados de neumáticos fuera de uso, la aplicación de asfaltos modificados con tecnología nueva genera un cambio positivo a la mezcla asfáltica (Poma y Guillen, 2019).

En Lima se aprecia, en la mayoría de sus pavimentos flexibles el efecto stripping, desmoronamiento, socavación, grietas, surcos, baches, debido a un factor externo como las condiciones climatológicas. Los pavimentos flexibles son sensibles al ingreso del agua ocasionando una disminución de adherencia entre el betún y los agregados provocando fallas, la pérdida de adhesión es un deterioro físico de la mezcla asfáltica en caliente (Hamedi y Tahami, 2018).

Las posibles causas a este problema, como es de saber existen altas cargas de tráfico y las secuelas del clima son los que ocasionan problemas y daños en el pavimento asfáltico tales como grietas por eso han existido la inclinación de modificar el asfalto con variedad de modificadores que enriquezcan al ligante asfáltico y a su vez el rendimiento del pavimento asfáltico. (Oda, El, Mahdy y Moussa, 2020). Para clima fríos se utilizan descongelantes para así liberar los pavimentos asfálticos para no interrumpir el flujo vial pero lamentablemente este proceso con ciertas sustancias ha provocado el ingreso de agua a la carpeta asfáltica dando progresivamente un desmejoramiento en la durabilidad (Chen et al., 2021).

Al no investigar este problema, tendríamos daños tempranos del asfalto, tales como el efecto stripping, las grietas por fatiga y los baches que también son otros problemas del pavimento que pueden intensificarse por la presencia de agua (Hamedi y Tahami, 2018). De no prestarle atención a los agentes tanto internos como externos que afectan la mezcla asfáltica en sus propiedades mecánicas, tendríamos un déficit en nuestras construcciones de pavimentos flexibles y por lo tanto un alto nivel de inversión para su mantenimiento.

Por lo descrito se tomó la decisión de investigar nuevos componentes que podrían usarse en la mezcla asfáltica para así mejorar una o varias propiedades mecánicas dando así mayor durabilidad a la misma. Es indispensable desarrollar investigaciones

de clase sensibilizadora al problema y ejecutar en la práctica con las soluciones apropiadas (Chávez y Espinoza, 2016) realizando un mejor diseño de mezcla. Así mismo la variable mezcla asfáltica se estudió de acuerdo con los aportes de Padilla (2010), Minaya y Ordoñez (2006), Hamedi y Tahami (2017) y para la variable nanoarcilla y nanocarbonato de calcio se investigó los aportes de Ezree et al. (2016), Akbari y Modarres (2017), Sohrabi, Shirmohammadi y Hossein (2019).

La problemática de una investigación es donde indicamos la situación que no se ha hallado solución y es la parte importante del estudio siendo de lo general a lo particular (Hernández, 2014) bajo dicho concepto se formula la problemática general: ¿Cuál es el efecto de los análisis de la resistencia a la deformación de mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022? y problemática específica: a) ¿Cuál es el efecto de los análisis de la estabilidad con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022? b) ¿Cuál es el efecto de los análisis de la fluencia con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022? c) ¿Cuál es el efecto de los análisis a la resistencia a la humedad de la mezcla asfáltica, Lima 2022?

Bajo el concepto de Hernández (2014) el objetivo principal es la meta que resolverá las prioridades, citando a Ibáñez (2008) el objetivo general reflejara la entidad del problema, dicho esto formulo mi objetivo general: Determinar el efecto de los análisis de la resistencia a la deformación en la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022, los objetivos específicos son objetivos cuya función es de hacer cumplir las metas, los objetivos específicos son el complemento que permite direccionar la investigación (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), entonces mis objetivos específicos son a) Determinar el efecto de los análisis de la estabilidad con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022, b) Determinar el efecto de los análisis de la fluencia con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022, c) Determinar el efecto de los análisis de la resistencia a la humedad en la mezcla asfáltica, Lima 2022.

## II. MARCO TEÓRICO

Akbari y Modarres (2017), sus estudios fueron realizados en el departamento de Ingeniería Civil, Universidad Tecnológica Babol Noshirvani, Irán, en su investigación experimental buscaron intensificar los efectos de los nanoaditivos como nanoarcilla (NC) y nanocal (NL) en la durabilidad de congelación y descongelación de la mezcla asfáltica en caliente con piedra caliza y granito como agregados. Utilizaron el diseño de mezcla Marshall para obtener el óptimo contenido de betún bajo la norma ASTM D1559, prueba de resistencia a la tracción indirecta (ITS) calcula la resistencia a la tracción paralizada después de cada desarrollo de acondicionamiento bajo la norma AASHTO T283, prueba de módulo resiliente (Mr) con la norma ASTM D4123 evalúa la rigidez bajo carga cíclica. Se obtuvo con ambos agregados caliza y granito; el TSR máximo con NC al 3% fueron 83% y 61% y con NL al 6% fueron 90% y 72%, el RMr máximo con NC al 3% son 77% y 94%, con NL al 6% son 94% y 81%, respectivamente. Tras los análisis podemos decir que la mezcla con agregados granito y caliza la concentración perfecta de NC y NL son al 3% y 6% respectivamente, esto daría como resultado el aumento de la adherencia del agregado bituminoso y mayor durabilidad ante cambios bruscos de temperatura.

Fakhri y Ahmadi (2017), su investigación experimental fue realizada en la universidad Tecnológica Teherán, departamento de Ingeniería civil, Irán, se enfocaron en estudiar los impactos de múltiples ciclos congelación y descongelación (FT) en la resistencia a la fractura y la susceptibilidad a la humedad de las mezclas que comprenden simultáneamente el agregado de escoria de acero (SSA) y pavimento asfáltico recuperado (RAP) antes y después del envejecimiento a largo plazo (LT). Realizaron; el método de diseño Marshall hallando el óptimo contenido de betún, la prueba de flexión semicircular (SCB) hallando la resistencia al agrietamiento a temperaturas intermedias de la mezcla asfáltica. Obteniendo como resultados de la resistencia a la fractura, la mezcla que contiene 40% de SSA y RAP su deformación crítica (Jc) se presenta en el 3 ciclo que va de 0.65 a 0.5 kJ/m<sup>2</sup>, Tras los análisis concluyeron que el envejecimiento LT disminuye la fortaleza a la fractura de las mezclas asfálticas, pero se mejora con la adición de SSA observado por el índice de flexibilidad (FI) que mide el potencial de agrietamiento en los primeros ciclos de FT.

Oda, El, Mahdy y Moussa (2020), su estudio fue realizado en el departamento de Ingeniería Civil, Colegio Técnico Militar, El Cairo, Egipto, en su investigación experimental buscaron analizar la consecuencia de la suma de nanomateriales nanoarcilla y nanosílice en la propiedades del ligante asfáltico y la mezcla asfáltica en caliente (HMA), realizando pruebas al betún: de penetración de acuerdo a la norma ASTM D5 mide la concentración, de SP bajo la norma ASTM D36 mide el punto de reblandecimiento, de RV con la norma ASTM D4402 mide la viscosidad rotacional, pruebas a la HMA modificada: Marshall estabilidad y resistencia a la tracción indirecta, obtuvieron valores de penetración bajos con NC al 3% y NS al 5% igual a 40 y 45 0.1mm, valores de SP fueron altos con la NC al 3% y NS al 5% al 47°C y 46°C respectivamente, viscosidad rotacional alta a 135°C y 165°C fueron con NC al 3% y NS al 5% igual a 500CP y 120CP respectivamente por lo tanto serán NC al 3% y NS al 5% las cantidades optimas de nanoaditivos por ello sus valores aumentaron de: estabilidad en 17.11% y 41.85%, de Marshall cociente en 3.22% y 39.18%, de IDT en 76.77% y 92.28%. Tras los análisis se concluye que el efecto fue positivo para ambos casos ya que se mejoró la resistencia a la deformación permanente y a la tracción, pero afectaron a la estabilidad se sugiere realizar más estudios.

Khodadadi, Azarhoosh y Khodaii (2021), donde su investigación experimental fue realizada en la Universidad Tecnológica de Amirkabir, departamento de ingeniería civil en Tehran, Irán, su finalidad fue estudiar el efecto de los ciclos de congelación-descongelación en la destrucción por humedad de mezclas asfálticas en caliente (HMA) con la adición de tereftalato de polietileno (PET). Se realizaron la prueba de tracción indirecta (ITS) según AASHTO T283 determina la extensión del daño por humedad HMA y el módulo de elasticidad (Mr) según ASTM D7369 determina la deformación por tensión. Se obtuvo los valores más altos en ITS de 800 kPa y 810 kPa, en Mr de 2100MPa y 2200MPa con PET al 6% en el quinto ciclo para la mezcla con agregado granito y caliza, tras los análisis se concluye que la mezcla modificada con PET presenta menos daño a la humedad, el PET llena los huecos de los agregados convirtiéndose en amortiguador entre el cemento asfáltico y la superficie del agregado modificando así la superficie de los agregados hidrofóbicos a hidrofílicos.

Shafabakhsh, Sadeghnejad, Ahoor y Taheri (2020) su investigación experimental fue realizada en el departamento de Carreteras y Transportes, Facultad de Ingeniería Civil, Universidad de Semnan, Irán, buscaron investigar la eficiencia y eficacia de los nano óxidos de sílice y titanio adicionados al betún verificando su comportamiento ante el envejecimiento, realizaron pruebas reológicas tales como el reómetro de cizallamiento dinámico con la norma ASTM D7175 midió las propiedades viscoelásticas, la fatiga y la resistencia a la formación de surcos a temperaturas medias y altas determinando los parámetros de rigidez al cizallamiento ( $G^*$ ) y ángulo de fase ( $\delta$ ), reómetro de haz plegado (BBR) con la norma ASTM D6648 evaluó el comportamiento a largo plazo, de recuperación y fluencia de tensión múltiple (MSCR) con AASTO T350 revisó las propiedades de resistencia al ahuellamiento, la prueba de barrido de amplitud lineal (LAS) es la prueba de fatiga midió la resistencia de las fallas, se observó el valor del módulo de cizallamiento a  $40^\circ\text{C}$  y 1.2% de nanosílice es 5.5 veces su valor a  $70^\circ\text{C}$ , a  $0^\circ\text{C}$ , la adición de 1,2% nanosílice aumentó un 4,7% la resistencia contra grietas criogénicas, con nano óxido de titanio al 1,2% es del 4%. Tras los análisis se concluye si el valor  $G^*$  aumenta entonces la viscosidad aumenta por lo tanto existirá buena adherencia entre el betún y agregado.

Ezree et al. (2016) sus investigaciones experimentales realizadas en el departamento de Ingeniería Civil y Estructural, Universidad Kebangsaan Malasia, Selangor, Malasia indagaron sobre la renovación de las propiedades de los ligantes asfálticos al incorporar nanoarcilla y aditivo químico WMA, utilizaron la prueba de punto de reblandecimiento de acuerdo a la norma ASTM D5, la prueba de penetración bajo la norma ASTM D36, el número de viscosidad de penetración con la norma ASTM D 4402, método de envejecimiento a corto y largo plazo estipulado por la norma ASTM D2872, las pruebas de reómetro de corte dinámico (DSR) de acuerdo a la norma ASTM D7175, obteniendo para NCMB-A4% valores más altos de índice de penetración (PI) y el número de viscosidad de penetración (PVN) fueron 1.92 y 0.69 respectivamente, los valores de  $G^*$  y sin  $\delta$  más bajos fueron para NCBM B4% y B5% con 2600kPa y 2650kPa respectivamente. Tras los análisis se concluye que NCBM B4% fue el mejor aditivo para el aglutinante asfáltico aumentando las resistencia a la formación de surcos y a la fatiga.

Marín, Jiménez y Rondón (2019), cuyas investigaciones experimentales se realizó en la Universidad Tecnológica de Colombia, Tunja-Colombia, cuya prioridad fue estudiar el comportamientos del caolín bajo un tratamiento a temperatura térmicamente para saber si se podría utilizar como relleno natural en la mezcla asfáltica en caliente, utilizando los límites de Atterberg con la norma ASTM D4318-00 determinando la temperatura y tiempo que el caolín pierde el comportamiento plástico y expansivo, las pruebas de Marshall bajo la norma AASHTO T-245 y resistencia a la tracción indirecta (ITS) con la norma AASHTO T-283 ayudaron a calcular las composiciones volumétricas de las mezclas y la resistencia bajo carga monotónica, obtuvieron con caolín tratado térmicamente (HTK) a 300°C 400°C 500°C y 600°C a la dos horas perdió totalmente la plasticidad, HTK acrecentó la resistencia a la deformación permanente en un 7 % y un 17 %, el contenido óptimo de betún fue del 5,3 % y el ITS aumentó en un 10 % en comparación con el betún de control. Después de completar los resultados de la prueba, se concreta que el HTK aumenta la resistencia a la deformación en climas cálidos.

Sohrabi, Shirmohammadi y Hamedí (2019), sus investigaciones experimentales fueron realizadas en la Universidad de Urmia, departamento de ingeniería civil, Irán, buscaron determinar el efecto de la utilización de carbonato de calcio micronizado para cubrir y cambiar la superficie de los agregados en la reducción del daño a la humedad de las mezclas asfálticas. Para el estudio se aplicó el diseño de mezcla Marshall bajo la norma ASTM D1559 para hallar el óptimo contenido de ligante asfáltico, prueba de Lottman con la norma AASHTO T283 para la evaluación del perjuicio de la mezcla asfáltica por la humedad a través de la prueba de resistencia a la tracción indirecta (ITS) con la cual se calcula la cantidad de resistencia ante la falla, se obtuvo con agregado cal su óptimo contenido de ligante con grado de penetración 60-70 y 85-100 fue de 5.9% y 5.7% valores altos, los valores resistencia al daño por humedad con agregado cuarcita en los ligantes asfálticos 60-70 y 85-100 hubo variaciones de 26.10% y un 25%. Se concluye el ligante asfáltico 60-70 presenta menos potencial de daño ya que presentó mayor resistencia a la humedad, presenta menor energía de desprendimiento con los tres tipos de agregados cal, granito y cuarcita en ese orden.

Con el fin de estudiar las variables, la mezcla asfáltica en caliente (HMA) para carpetas asfálticas o capa de rodamiento, los esfuerzos horizontales se desvanecen en la HMA ocasionando esfuerzos de tracción debajo de ella. La idea de instalar una capa asfáltica es para hundir los esfuerzos de tracción para así evitar que las fisuras se pronuncien en la superficie (Minaya y Ordoñez, 2006). La mezcla asfáltica o aglomerado es un material estructural que está conformada por agregados pétreos (gruesos o finos) al 90%, agregado polvo mineral (filler) al 5% y ligante asfáltico al 5% cuya función es de proporcionar una superficie con óptimas propiedades mecánicas para dar seguridad a la circulación de vehículos (Padilla, 2010), el cemento asfáltico o asfalto es un material cementante de color oscuro y de consistencia variable, su rigidez depende de la temperatura que se encuentre, es usado en pavimentación a altas temperaturas (135°C) siendo poco rígido cuya condición le permite que se adhiera con facilidad a las partículas del agregado siendo un excelente cemento por unir los agregados en mezclas en caliente, sus propiedades elásticas disminuyen al contacto con el oxígeno del medio ambiente volviéndose duro y frágil, los agregados pétreos utilizados para la mezcla bituminosa son de una alta calidad que no permita la pérdida de adherencia por la acción del agua y el tránsito, los agregados gruesos están constituidos por piedras, grava fracturada natural o artificial con una textura superficial rugosa quedando retenidos en la malla N°08, deberán estar limpios. Los agregados finos son obtenidos por el machaqueo de piedras o gravas también son arenas naturales de granos angulosos (Minaya & Ordoñez, 2006), se pueden clasificar de acuerdo a su temperatura de fabricación, mezclas en frío (CMA) fabricado a temperatura inferior de 60°C, mezclas asfálticas semi caliente (HWMA) fabricado a temperatura entre 60°C a 100°C, mezcla asfáltica tibia (WMA) fabricado a temperatura entre 100°C a 140°C y mezcla asfáltica en caliente (HMA) fabricado a temperatura entre 140°C a 190°C (Ezree et al., 2016), para su diseño se usan los métodos: Marshall, Hveen y Superpave obteniendo su óptimo contenido de asfalto con las siguientes características: rigidez, estabilidad, resistencia a la tracción, deformación por tracción a la falla, flujo resistencia a la fatiga, es importante estudiar el comportamiento de las mezclas asfálticas y para ello se crearon los ensayos tales como: Índice de corte giratorio (GSI) la cual se relaciona con la deformación

permanente, índice giratorio elasto-plástico (GEPI) midiendo la deformación constante, resistencia al corte giratorio evalúa la resistencia a la deformación permanente, estabilidad de Marshall estudia la resistencia y calidad de mezclas, flujo de Marshall indica el potencial de deformidad permanente, resistencia a la tracción indirecta nos da a conocer dos propiedades importantes resistencia a la tracción donde calcula la susceptibilidad al humedecimiento y la deformación por tracción en falla donde estudia el latente agrietamiento, módulo resiliente sirve para dar a conocer el valor de rigidez, flujo estático calcula la rigidez donde es la relación entre el esfuerzo normal con deformación por flujo, creep y deformación permanente evalúa el latente de deformaciones permanentes, ensayo de fatiga y Wheel tracking test siendo la fatiga un desarrollo de deterioro estructural, las propiedades mecánicas cambian ampliamente de acuerdo al ligante asfáltico específico, gradación de la mezcla, tipo de agregado y condición de mezcla. El peso específico ( $\text{g/cm}^3$ ) es la propiedad que nos indica la característica del material, donde podemos definir la calidad de la mezcla, la estabilidad es la capacidad de resistir el desplazamiento y la deformación donde su valor nos da a conocer la máxima fuerza capaz de resistir antes de la rotura o falla, vacíos en el agregado mineral (VAM) en una mezcla compactada tiene vacíos existentes entre las partículas del agregado, vacíos de aire ( $V_a$ ) en la mezcla compactada al final contiene espacios diminutos de aire entre los agregados revestidos y se permite un porcentaje de vacíos de 3 a 5, flujo (0.25mm) es una propiedad de control es decir nos da a conocer la deformación permanente que sufre la mezcla y vacíos llenos de asfalto (VFA) son porcentaje de vacíos llenos en agregados minerales por Betún,  $V_a$ , distinto del betún absorbente especificado (Minaya y Ordoñez, 2006).

En cuanto a la variable independiente, la nanoarcilla es una sustancia química con disponibilidad y de bajo costo, la característica de aceptar cambios en la química de la superficie y delaminarse en láminas le permite el desarrollo de nuevos componentes (Nazir et al., 2016). De las arcillas modificadas a nivel nanométrico se produce nanoarcillas llamada también la arcilla organófila, logra su caracterización a través de la difracción por rayos X (XRD), el análisis térmico gravimétrico/diferencial (TGA/TDA) y la espectrometría (FTIR) pero también existen diferentes tipos de nanoarcillas como

la bentonita (arcilla de montmorillonita) es un material natural fino, cuyas propiedades son la expansión y absorción de las cuales existen variedades una de ella es la bentonita organófila u organoarcilla, se le han dado diferentes usos para nuestro interés se nombrara uso industrial en donde actúa como agente adhesivo mezclándose con un poco de agua, aglutinantes cuya función es unir partículas, material ignífugo, control de flujo de agua ya que su capacidad de absorción es alta, estabilizador de emulsiones cuya función es la de estabilizar en las etapas de agitación, (Musyoka y Langmi, 2015). Mostraron propiedades mecánicas y térmicas mejoradas, menor inflamabilidad y propiedades de barrera componentes (Nazir et al., 2016). El nano carbonato de calcio son nano partículas es usado como relleno en las industrias polímeros gracias a sus propiedades mecánicas, conductividad térmica son excelentes, inducidas en una película delgada PEHA hibrida de almidón su resistencia a la tracción, la estabilidad térmica y la conductividad térmica mejoraron, el nano  $\text{CaCO}_3$  fue modificado con agente de acoplamiento de silano KH-570, el resultado fue una resistencia a la tracción de 22.5 MPa, alargamiento a la rotura de 370% y la resistencia al impacto 41  $\text{KJ/m}^2$  (Mohammed y Wang, 2016). En china se realizó pruebas similares; asfalto y nanocarbonato de calcio (nano  $\text{CaCO}_3$ ) donde se observó que mejoró la resistencia a la temperatura y resistencia a la formación de surcos (Iskender, 2016). La piedra caliza es una roca sedimentaria cuya composición es en su mayoría por los minerales calcita y aragonito, que son distintas formas cristalinas de carbonato de calcio. La piedra caliza se cataloga como un material alcalino que tiene un alto comportamiento hidrofóbico y una adhesión adecuada con el betún (Akbari y Modarres, 2017).

La justificación es precisamente argumentar con razones la realización de una investigación según Hernández, Fernández y Baptista (2014) la investigación se justificó metodológicamente ya que a través de artículos científicos se pudo recolectar información, las cuales se podría alargar la vida útil de las pavimentos flexibles a través de los cambios favorables y eficaz de las propiedades mecánicas de las mezclas asfálticas utilizadas en las carpetas asfálticas para así disminuir el ciclo de mantenimiento por consecuencia habría un ahorro ya que disminuiría los presupuestos por mantenimiento.

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo y diseño de investigación**

##### **3.1.1 Tipo de investigación:**

La investigación fue con enfoque cuantitativo de tipo de investigación aplicada, de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014) el enfoque cuantitativo empleó la recaudación de datos para acreditar hipótesis basadas en la medición numérica y el estudio de análisis cuya finalidad es marcar pautas de comportamiento y demostrar teorías, Behar (2008) nos dice que la investigación aplicada es aquella que contiene finalidades bien claras, entonces nosotros estudiamos con el objetivo de actuar, producir, transformar y modificar una parte o un sector de nuestra realidad, se ha singularizado por la aplicación teórica de conocimientos ante una situación concisa y las secuelas que derive de ella durante la práctica, también se clasifica como aplicadas porque se exponen problemas o hipótesis de trabajo para solucionar de manera eficaz.

##### **3.1.2 Diseño de investigación:**

La investigación fue de enfoque cuantitativo con diseño experimental bajo los conceptos de Hernández, Fernández y Baptista (2014), el diseño explico las ideas o tácticas pensadas donde se conseguirá el informe que se requiere con la finalidad de tener una respuesta a la propuesta del problema, la calidad de un estudio de acuerdo al enfoque cuantitativo se relaciona con el grado en que utilizaremos en el diseño tal cual fue pensado, la palabra experimento se clasificara en dos una general y otra particular, entenderemos por experimento en particular a una investigación donde se manejaran de forma intencional una o más variables independientes (siendo estas tal vez las causas antecedentes) para verificar que el manejo tiene una o dos variables dependientes (siendo estas tal vez el efecto consecuente) bajo una situación de control, es decir los experimentos manejan estímulos, influencias o intervenciones (VI) para observar las consecuencias sobre las otra variables (VD) o el investigador buscará o comprobará los efectos y/o respuestas de una causa que se manejó.

#### **3.2. Variables y operacionalización**

##### **Variable 1: Nanocarbonato de calcio y nanoarcilla**

Nanocarbonato de calcio y nanoarcilla fue la variable independiente, de acuerdo con

Baena (2017) para la realización de un estudio se necesita de instrumentos que se definirán como variables independientes y dependientes, la variable independiente es el componente autónomo que podrá decretar, limitar o aclarar, la existencia de otro componente también será el elemento manejado para observar las variaciones de otro elemento.

### **Variable 2: Mezcla asfáltica**

La mezcla asfáltica fue la variable dependiente, según Baena (2017) la variable dependiente es el componente subordinado que estará en función de otro, son las modificaciones adquiridas por los sujetos como respuesta al manejo de la variable independiente gracias al experimentador, es la variable que podemos manejar ya que es la causa que inducirá a los efectos, podemos calcular o cuantificar y relacionar los elementos constitutivos de un problema.

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

### **3.3.1 Población:**

Se realizarán 126 briquetas de mezclas asfálticas siendo estas consideradas en la investigación experimental como la población, donde se realizaron las pruebas para la mezcla asfáltica de acuerdo con las normas ASTM y MTC, con Hernández, Fernández y Baptista (2014), nos indica que la población es el grupo de los casos que son semejantes con las características y/o especificaciones establecidas. Con Baena (2017) es todo aquello que abarca la investigación.

### **3.3.2 Muestra:**

Solo 105 briquetas fueron modificadas con nanoaditivos siendo estas las muestras de la investigación, de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014), la muestra es una parte de la población donde se consiguió recoger la información representativa de ésta. Según Baena (2017) se pueden conseguir a través de métodos: el muestreo probabilístico y el no probabilístico.

### **3.3.3 Muestreo:**

Se considerará el muestreo probabilístico ya que las todas las briquetas fueron seleccionadas sin consideraciones especiales para ser modificadas con nanoaditivos. Baena (2017) el muestreo es una técnica donde un determinado número o cantidad

serán escogidos como representativos de la población completa, nos facilita conocer algo de la población a bajo costo razonable y con rapidez. Muestreo probabilístico forma parte de la población o universo donde todos sus elementos tendrán igualdad de probabilidades de ser seleccionadas, con Hernández, Fernández y Baptista (2014) muestreo no probabilística o dirigida forma parte de la población o universo donde su selección dependerá de las características del estudio.

#### **3.3.4 Unidad de análisis:**

La mezcla asfáltica en caliente fue la unidad de análisis de acuerdo con Baena (2017), es la principal unidad analizada en el estudio, se explora el que o el quien.

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

La investigación asumió una técnica de recolección de datos de observación no participativa de acuerdo Behar (2008) manifiesta que dichas técnicas guían a la revisión del problema propuesto, de acuerdo con cada tipo de investigación se determinara que técnica aplicar: entrevistas, la encuesta y la observación, cada técnica designara sus herramientas, instrumentos o canales que serán utilizados. También cabe indicar que son métodos o labores ejecutadas cuyo fin es recolectar los datos suficientes para obtener los objetivos del estudio es decir cómo recolectar datos, está vinculada a las dimensiones que desarrollamos en la operacionalización de las variables que entenderemos al grupo de pasos o actividades para medir una variable. Hernández, Fernández y Baptista (2014) la observación como técnica de investigación entabla una comunicación entre el observador y el fenómeno observado donde uno está atento interpretando cada resultado. Se empleo las fichas de ensayos para las respectivas métodos a realizar como: Marshall y Lottman modificado, siendo firmadas por un profesional para dar la confiabilidad, bajo en concepto de Hernández, Fernández y Baptista (2014), los instrumentos son los medios por el cual el investigador usara para anotar datos acerca de la variable en estudio, cumpliendo los siguientes requisitos; la confiabilidad de un instrumento de medición donde sus resultados son iguales al repetirse, la validez de un instrumento de medición es cuando mide la variable que debe medir.

### **3.5. Procedimientos**

Primero se identificó el problema, llevándolo de lo general a lo particular de acuerdo con los antecedentes se dio a conocer sus importancias al abordarlo, se describió hechos internacionales y nacionales, se indicó las causas de su origen y las consecuencias al no tratarla, concluyendo con las preguntas de la problemática general y específicos.

Se continuó con el desarrollo de la sección teórica donde se da a conocer los conceptos de las variables.

Se identificó el método de la investigación aclaramos su evolución de la misma, así mismo se planteó los objetivos e hipótesis generales y específicos de cada uno, por la cual se realizaran en el laboratorio 4 tipos de mezclas asfálticas en caliente modificadas al adicionarles 2 tipos de nanoaditivos, nanocarbonato de calcio tendrá una concentración fija de 0.5% y la nanoarcilla tendrá las concentraciones de 0.5%, 1.5%, 2.5% y 4.5% en peso de betún respectivamente, donde se les realizaran los métodos Marshall y Lottman modificado de acuerdo a las normas ASTM D-1559 – MTC E-504 y ASTM D-4867-04 – AASHTO T 283 respectivamente, de igual manera a la mezcla de control.

Finalizaremos con el proceso de las fichas de laboratorio que es una herramienta de recopilación de datos.

### **3.6. Método de análisis de datos**

De acuerdo con los antecedentes y estudiando las posibles concentraciones de nanoaditivos que se adiciono a la mezcla asfáltica control paso a ser ahora la mezcla asfáltica modificada la cual se le realizará las siguientes pruebas:

- a) ASTM D-1559 – MTC E-504 Método Marshall.
- b) ASTM D-4867-04 – AASHTO T 283 Método Lottman modificado.

Donde los resultados obtenidos fueron estudiados estadísticamente incurriendo en el análisis descriptivo.

Hernández, Fernández y Baptista (2014), durante el análisis de datos, se determina la prueba o método apropiado para estudiar los datos de acuerdo con los supuestos realizados y la escala de las variables. estos análisis se pueden realizar de varias

maneras que incluyen:

- a) Estadística descriptiva. - es la estadística donde se detalla los datos y/o valores obtenidos de cada variable, cuyos resultados son representados en cálculos y gráficos.
- b) Estadística inferencial. - es la estadística que probará la hipótesis y se tasarán o evaluarán parámetros, para dar una adecuada conclusión deberá ser confiable el proceso por el cual se obtuvo los datos de la muestra.

### **3.7. Aspectos éticos**

La ética profesional está compuesta por normas y valores logrando que el profesional mejore sus actividades marcando las pautas éticas del desarrollo laboral (Código de ética del CIP, 1987) por lo tanto todo resultado será escrito tal cual resulte en el trabajo de campo, dichas pruebas serán realizadas por profesionales y cada resultado será certificado por la empresa a realizarla para constatar su legitimidad.

#### IV. RESULTADOS

De acuerdo con los instrumentos planteados se obtuvo los resultados de los Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla se aplicaron dos métodos: Marshall y Lottman modificado.

Se utilizó betún de grado de penetración 60/70 de la refinería la Pampilla S.A.A, se añadió betún al 4.5, 5, 5.5, 6 y 6.5% del peso de la mezcla total, los agregados provinieron de la cantera de Carabayllo.

En la tabla 1: se mostró los resultados del análisis de granulometría de los agregados finos y gruesos obteniéndose sus características, se utilizó al 60% y 40% de peso del mezcla, respectivamente, a través del análisis de granulometría por tamizado (NORMA MTC E 107), para determinar el tamaño de grano de un material o para medir su distribución de tamaño (MTC, 2016).

En la tabla 2: se mostró los resultados de los análisis de peso específico y absorción de los agregados gruesos y finos, obteniéndose sus propiedades de acuerdo con las normas a través del método de ensayo normalizado para peso específico y absorción del agregado grueso y fino (NTP 400.021 y NTP 400.022) para establecer el peso base seco, el peso unitario saturado de la superficie seca, el peso base aparente y la absorción de agua del agregado grueso después de 24 horas la producción (MTC, 2016).

**Tabla 2. Resultado del peso específico y absorción de los agregados**

Prueba	Grava ½"	Arena chancada
Peso específico bulk (base seca)	2.685	2.689
Peso específico bulk (base saturada)	2.701	2.700
Peso aparente (base seca)	2.727	2.720
Absorción	0.50	0.44

Fuente: elaboración propia.

**Tabla 1. Resultado del análisis granulométrico por tamizado del agregado fino**

Tamiz Ø	Agregado	Material retenido			
		Peso (g)	Retenido (%)	Acumulado (%)	Pasante (%)
Pulgada					
½"	Grueso	195	6.4	6.4	93.6
3/8"		1154.5	37.8	44.2	55.8
¼"		1205.0	39.4	83.6	16.4
N°4		500.5	16.4	100	0.0
N°4		47.5	4.3	4.3	95.7
N°6	Agregado fino	79.8	7.3	11.6	88.4
N°8		87.2	7.9	19.5	80.5
N°10		114.6	10.4	30	70
N°16		125.8	11.5	41.4	58.6
N°20		107.6	9.8	51.3	48.7
N°30		117.8	10.7	62	38
N°40		53.9	4.9	66.9	33.1
N°50		33.8	3.1	70	30
N°80		81.3	7.4	77.4	22.6
N°100		41.6	3.8	81.2	18.8
N°200	102.7	9.4	90.5	9.5	

Fuente: elaboración propia

**Objetivo específico 1:** Determinar el efecto de los análisis de la estabilidad con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla.

**Tabla 3.** Resultados del método Marshall de las mezclas de HMA con nanoaadiivos

DISEÑO	% CA	Pe (g/cm <sup>3</sup> )	ESTABILIDAD (lb)	VAM (%)	VA (%)	FLUJO (0.25mm)	VFA
<b>0</b>	4.5	2.265	2050	19.50	9.50	2.25	51.00
	5.0	2.305	2390	18.45	7.30	2.55	60.00
	5.5	2.345	2640	17.80	5.50	2.80	70.00
	6.0	2.370	2695	17.20	3.90	3.20	79.50
	6.5	2.365	2450	17.70	1.90	3.40	89.50
<b>1</b>	4.5	2.5040	2090	20.10	9.50	2.25	51.00
	5.0	2.3080	2290	18.90	7.25	2.55	60.50
	5.5	2.3347	2560	18.05	5.20	2.80	70.00
	6.0	2.3743	2710	17.90	3.50	3.15	80.00
	6.5	2.3673	2475	17.95	1.90	3.40	90.00
<b>2</b>	4.5	2.381	2140	15.80	6.10	2.40	61.00
	5.0	3.974	2475	15.75	5.15	2.70	69.00
	5.5	2.406	2780	15.90	4.15	2.90	75.00
	6.0	2.408	2820	16.30	3.40	3.20	80.00
	6.5	2.415	2600	17.90	2.40	3.50	88.00
<b>3</b>	4.5	2.382	2160	15.90	6.00	2.60	61.00
	5.0	2.395	2440	15.80	5.10	2.80	69.00
	5.5	2.445	2750	16.00	4.10	3.15	75.00
	6.0	2.465	2905	16.30	3.15	3.40	80.50
	6.5	2.450	2775	16.80	2.25	3.65	87.50
<b>4</b>	4.5	2.381	2250	16.00	6.50	2.40	59.50
	5.0	2.388	2690	16.00	5.50	2.20	66.00
	5.5	2.400	2910	16.20	4.50	3.00	72.00
	6.0	2.408	3050	16.40	3.50	3.25	80.00
	6.5	2.401	2750	17.90	2.50	3.55	85.00
<b>5</b>	4.5	2.381	2250	16.30	6.50	2.45	60.00
	5.0	2.380	2590	16.40	5.40	2.20	68.00
	5.5	2.400	2950	16.60	4.50	3.00	73.00
	6.0	2.408	3050	16.80	3.50	3.30	80.00
	6.5	2.401	2780	17.40	2.50	3.55	86.00

Fuente: elaboración propia

En la tabla 3: se mostraron los valores de peso específico, estabilidad, vacíos de agregado mineral, vacíos de aire, flujo y vacíos llenos de asfalto de acuerdo con los procedimientos y cálculos del método Marshal de cada diseño, la mezcla control y mezclas modificadas con nanoarcilla al 0.5%, 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5% más nanocarbonato con dosificación permanente al 0.5%, denominadas 0,1,2,3,4 y 5 respectivamente.

En la tabla 4: se mostró el óptimo contenido de betún de cada diseño, seleccionado de acuerdo con su Pe, estabilidad y porcentaje de vacíos. Donde se observa la variación de la estabilidad de cada diseño al agregar nanoaditivos, el diseño 5 aumentó en un 16.23% con respecto al diseño 0 siendo el diseño de mayor valor. El diseño 4 aumentó en 180lb con respecto al diseño 3 observando ser la mayor variación.

**Tabla 4.** Selección del óptimo contenido de asfalto.

Espécimen	Óptimo contenido de betún (%)	Pe (gr/cm <sup>3</sup> )	Estabilidad (lb)	Vacio (%)
Diseño 0	6.20	2.375	2650	3.00
Diseño 1	6.00	2.370	2710	3.50
Diseño 2	5.80	2.409	2800	3.40
Diseño 3	5.90	2.407	2890	3.60
Diseño 4	6.00	2.408	3070	3.40
Diseño 5	6.00	2.408	3080	3.40

Fuente: elaboración propia

**Objetivo específico 2:** Determinar el efecto de los análisis de la fluencia con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla.

**Tabla 5.** *Valores del flujo*

<b>Espécimen</b>	<b>Óptimo contenido de betún (%)</b>	<b>Estabilidad (lb)</b>	<b>Flujo (0.25 mm)</b>
Diseño 0	6.20	2650	3.30
Diseño 1	6.00	2710	3.20
Diseño 2	5.80	2800	3.20
Diseño 3	5.90	2890	3.40
Diseño 4	6.00	3070	3.50
Diseño 5	6.00	3080	3.30

Fuente: elaboración propia

En la tabla 5: se mostró los valores de flujo de cada diseño con su óptimo contenido de cemento asfáltico, diseño 5 con estabilidad igual a 3080lb siendo el mayor valor obtiene en su valor de flujo 3.30 (0.25mm) similar al diseño 0, es decir se tiene una deformación permanente agregando nanoaditivos. Diseño 4 aumento en 0.20 (0.25mm) con respecto a diseño 0 siendo la variación máxima de todas las mezclas modificadas.

**Objetivo específico 3:** Determinar el efecto de los análisis de la resistencia a la humedad en la mezcla asfáltica.

En la tabla 6: se mostró los valores de vacíos de aire y promedio a la resistencia a la tensión de los diseños 0,1,2,3,4 y 5 bajo el método Lottman modificado, donde se trabajó tres briquetas en condición seco y húmedo para cada diseño, teniendo seis briquetas por diseño y un total de 36 briquetas. Diseño 5 sus valores en vacíos de aire fueron de 7.1% y 7.4% y del diseño 0 fueron 7.1% y 7.1% en condiciones secas y húmedas observándose en esta ultima un leve aumento de 0.3%. con respecto a la resistencia a la tensión se obtuvo una diferencia de 25.61% mas entre diseño 0 y 5.

**Tabla 6.** Resultados del método Lottman Modificado de las mezclas de HMA.

Propiedades	Mezcla	Optimo contenido de asfalto	En seco	En húmedo
Vacíos de aire (%)	Diseño 0	6.2%	7.1	7.1
Promedio a la resistencia a la tensión (psi)			34.11	29.17
Vacíos de aire (%)	Diseño 1	6.0%	7.1	7.1
Promedio a la resistencia a la tensión (psi)			34.11	29.17
Vacíos de aire (%)	Diseño 2	5.8%	7.1	7.1
Promedio a la resistencia a la tensión (psi)			34.97	30.02
Vacíos de aire (%)	Diseño 3	5.9%	7.1	7.0
Promedio a la resistencia a la tensión (psi)			31.28	27.02
Vacíos de aire (%)	Diseño 4	6.0%	7.0	7.0
Promedio a la resistencia a la tensión (psi)			30.59	26.62
Vacíos de aire (%)	Diseño 5	6.0%	7.1	7.4
Promedio a la resistencia a la tensión (psi)			39.43	34.64

Fuente: elaboración propia

**Objetivo general:** Determinar el efecto de los análisis de la resistencia a la deformación en la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla.

**Tabla 7.** Resultados de la prueba de tracción indirecta.

Espécimen	Optimo contenido de betún (%)	Estabilidad (lb)	TSR (%)
Diseño 0	6.20	2650	80.5%
Diseño 1	6.00	2710	85.5%
Diseño 2	5.80	2800	85.9%
Diseño 3	5.90	2890	86.4%
Diseño 4	6.00	3070	87.0%
Diseño 5	6.00	3080	87.8%

Fuente: elaboración propia

En la tabla 7: se mostró los valores de TSR de los diseños 0,1,2,3,4 y 5 bajo el método Lottman modificado se aplicó la prueba de tracción indirecta, diseño 0 es 80.5% siendo su valor aceptable, diseño 5 obtuvo el mayor valor de TSR con 87.8%, siendo un 7.8% más resistente a la humedad con respecto al diseño 0, se observa un incremento del TSR al aumentar la dosificación de nanoaditivos

Las muestras dañadas fueron sujetadas con mordazas para ser sometidas a fuerzas diametrales por la máquina de ensayo de uniaxial con la finalidad de evaluar la susceptibilidad de las mezclas asfálticas compactadas cuyo ensayo es mecánico esfuerzo-deformación, proporcionando dos propiedades de un material compuesto, su valor nos ayuda a definir si existe una resistencia conservada.

## V. DISCUSIÓN

Como primer objetivo específico se considera determinar el efecto de los análisis de la estabilidad con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022, en base a ello se investigó la eficiencia y eficacia de los nano óxidos de sílice y titanio adicionados al betún verificando su comportamiento ante el envejecimiento, concepción de Shafabakhsh, Sadeghnejad, Ahoor y Taheri (2020), quienes señalaron que para conseguir una vida larga a una pavimentación se debe comprender el componente más importante de la mezcla asfáltica, el betún quien a altas y bajas temperaturas da como resultado a la formación de surcos y agrietamiento térmico también el tráfico pesado afecta sus propiedades causando deformación permanente e irreversible es decir las debilidades del betún son el tráfico pesado, la alta sensibilidad térmica y la reducción de la elasticidad a baja temperaturas. En los resultados encontrados en la presente investigación se observa un incremento de la propiedad de la estabilidad quien proporciona resistencia a la deformación de surcos y ahuellamiento; los valores de estabilidad Marshall para los diseños modificados con nanocarbonato de calcio al 0.5% y nanoarcilla al 0.5%, 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5% son 2710, 2800, 2890, 3070 y 3080lb observándose una diferencia en incremento de 180lb entre el diseño 3 y 4. Los resultados de la presente investigación coinciden con el objetivo de Shafabakhsh, Sadeghnejad, Ahoor y Taheri (2020), quien trabajo con la adición de nano óxidos de sílice y titanio al 0,3, 0,6, 0,9 y 1,2% en peso de betún de 60-70, donde midieron sus propiedades como viscosidad, fatiga, resistencia a la formación de surcos quien encontró el valor del módulo de cizallamiento ( $G^*$ ) a 40 ° C con 1.2% de nanosílice y nano óxido de titanio es 5.5 y 4 veces su valor a 70°C respectivamente, a 0°C la adición de 1,2% nanosílice y nano óxido de titanio aumentó un 4,7% y 4% respectivamente es decir se obtuvo un aumento a la resistencia a la formación de surcos y grietas criogénicas. Los antecedentes y sus coincidencias con la presente investigación evidencian que el uso de la nanotecnología es una alternativa para alargar la vida útil del asfalto y por consecuencia la mezcla asfáltica caliente mejora con la adición de nanoaditivos en su propiedad de la estabilidad siendo más resistentes al desplazamiento y a la deformación.

Como segundo objetivo específico se considera determinar el efecto de los análisis de la fluencia con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022, en base a ello se indagó sobre la renovación de las propiedades de los ligantes asfálticos al incorporar nanoarcilla y aditivo químico WMA, concepción de Ezree et al. (2016), quien señaló que los aglutinantes asfálticos se consideran tradicionalmente como un sistema coloidal formado por micelas de asfaltenos cubiertas con una fase estabilizadora de resinas polares, que forman una interfaz con un medio malténico aceitoso continuo, influye en el rendimiento del pavimento en diversas condiciones de carga y climáticas, así como en temperaturas de funcionamiento bajas y altas en el sitio, hay varias dificultades en el pavimento que afectan el rendimiento del aglutinante de asfalto, a saber, surcos a alta temperatura (o deformación permanente), fatiga a temperatura media, daños por humedad y daños por agrietamiento a baja temperatura, todo lo cual podría disminuir la calidad de los pavimentos de asfalto por lo tanto, los aglutinantes asfálticos base deben modificarse para mejorar sus propiedades para un mejor rendimiento. En los resultados encontrados en la presente investigación se observa los valores del flujo Marshall para los diseños modificados con nanocarbonato de calcio al 0.5% y nanoarcilla al 0.5%, 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5% tienen un deformación permanente de 3.20, 3.20, 3.40, 3.50 y 3.30 (0.25mm) respectivamente, siendo una medida de la deformación vertical de las mezclas bituminosas en el proceso del ensayo de estabilidad cuando soporta su carga máxima, no existe un rango pero si se debe evaluar los resultados finales en conjunto de la mezcla asfáltica.

Los resultados de la presente investigación coinciden con el objetivo de Ezree et al. (2016), quien trabajo con Nanoarcilla A 3%, 4% y 5%, Nanoarcilla B y aditivo químico WMA al 1%,2%, 3% y 4% en peso del aglutinante para modificar el aglutinante asfáltico base, analizaron sus propiedades físicas y reológicas de los aglutinantes modificados denominados NCMB-A, NCMB-B y CWAA, quien encontró NCMB-A4% valores más altos de índice de penetración (PI) y el número de viscosidad de penetración (PVN) fueron 1.92 y 0.69 respectivamente, los valores de  $G^*$  y  $\sin \delta$  más bajos fueron para las muestras NCBM B4% y B5% con 2600kPa y 2650kPa respectivamente logrando que los ligantes asfálticos modificados con nanoarcilla dan como resultado valores más altos de PI y PVN aumentando así la resistencia de las mezclas asfálticas al

agrietamiento térmico y la formación de surcos. El antecedente y sus coincidencias con la presente investigación evidencian que el uso de la nanotecnología es una alternativa para mejorar las propiedades del asfalto por consecuencia la mezcla asfáltica caliente mejora con la adición de nanoaditivos proporcionándole una deformación permanente aceptable.

Como tercer objetivo específico se considera Determinar el efecto de los análisis de la resistencia a la humedad en la mezcla asfáltica, Lima 2022, en base a ello se estudió los impactos de múltiples ciclos congelación y descongelación (FT) en la resistencia a la fractura y la susceptibilidad a la humedad de las mezclas que comprenden simultáneamente el agregado de escoria de acero (SSA) y pavimento asfáltico recuperado (RAP) antes y después del envejecimiento a largo plazo (LT) concepción de Fakhri y Ahmadi (2017), quien señalo que el pavimento asfáltico cuando está expuesto al agua y la temperatura fluctúa alrededor de 0 ° C, el efecto simultáneo de las cargas de tráfico, el estrés térmico y los daños inducidos por la humedad conduce a una falla temprana en el pavimento de asfalto, lo que facilita la infiltración de agua en la estructura del pavimento, lo que afecta negativamente la durabilidad de la mezcla de asfalto, el SSA su propiedad es alta angularidad y resistencia a la abrasión, reciclar la parte fina del RAP favorece al costo del material del betún. En los resultados encontrados en la presente investigación se observa los resultados del método Lottman modificado para los diseños modificados con nanocarbonato de calcio 0.5% y nanoarcilla al 0.5%, 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5% tienen; vacíos de aire en seco y húmedo 7.1 - 7.1, 7.1 – 7.1, 7.1 -7.1, 7.1 – 7, 7 – 7 y 7.1% – 7.4% respectivamente, promedio a la resistencia a la tensión 34.11 - 29.17, 34.11 - 29.17, 34.97 - 30.02, 31.28 - 27.02, 30.59 - 26.62 y 39.43psi - 34.64psi respectivamente, TSR 85.50, 85.90, 86.40, 87.00 y 87.90% haciendo una mezcla asfáltica durable y resistente bajo los límites mínimos aceptable. Los resultados de la presente investigación coinciden con el objetivo de Khodadadi, Azarhoosh y Khodaii (2021), quienes trabajaron con dos tipos de agregado granito y piedra caliza se analizó sus composición química de acuerdo a la norma ASTM D3515, el betún 60-70 y aditivos tereftalato de polietileno (PET) 2, 4, 6, 8 y 10 % en peso de agregado grueso y se mezcló con el agregado, para considerar

el óptimo contenido de asfalto debe tener máxima estabilidad, gravedad específica máxima y vacíos de aire 4% quienes encontraron que VMA y VFA son 5.1% y 5.5% respectivamente, las mezclas que contienen caliza modificada con 2, 4, 6, 8 y 10 % de PET tienen 1,07, 1,13, 1,44, 1,28 y 1,21 veces más resistencia a la tracción que las mezclas control a 5 ciclos de congelación y descongelación, respectivamente. Estos valores para mezclas con agregado de granito son 1.1, 1.19, 1.51, 1.32 y 1.26 %, respectivamente. Los antecedentes y sus coincidencias con la presente investigación evidencian que el uso de nuevos aditivos para la modificación de la mezcla asfáltica se puede lograr también desde la modificación de sus elementos con la finalidad de lograr un mejor producto mejorando sus propiedades subiendo la resistencia a la humedad.

Como objetivo general se considera determinar el efecto de los análisis de la resistencia a la deformación en la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022, en base a ello buscaron intensificar los efectos de los nanoaditivos como nanoarcilla (NC) y nanocal (NL) en la durabilidad de congelación y descongelación de la mezcla asfáltica en caliente con piedra caliza y granito como agregados concepción de Akbari y Modarres (2017), quienes señalaron que la durabilidad de la mezcla asfáltica en caliente (HMA) frente a los ciclos de congelación y descongelación se relaciona principalmente con la adhesión de los agregados bituminosos. Mejorar la calidad de la unión entre los agregados y el betún reduciría la susceptibilidad a la humedad del HMA y aumentaría su durabilidad. Teniendo en cuenta el clima tenemos, en climas cálidos y húmedos, los efectos perjudiciales del agua pueden afectar la fuerza cohesiva del betún y causar decapado. Sin embargo, en regiones frías y húmedas, los efectos combinados de la humedad y los ciclos de congelación y descongelación pueden causar graves problemas de decapado.

En los resultados encontrados en la presente investigación se observa los resultados con respecto al método Marshall se halló el óptimo contenido de asfalto del diseño control y modificados, teniendo en cuenta tres propiedades el peso específico (alto), estabilidad (alto) y porcentaje de aire (3 a 5), para luego dañar las probetas para realizar la prueba de tracción indirecta (>80%) donde dio a conocer que todas las

muestras presentan resistencia conservada, es decir son resistentes a la deformación y a la humedad, en la figura 1 se muestra los valores de TSR de cada diseño trabajado en el presente estudio. Los resultados de la presente investigación coinciden con el objetivo analizar la consecuencia de la suma de nanomateriales nanoarcilla y nanosílice en la propiedades del ligante asfáltico y la mezcla asfáltica en caliente (HMA), de Oda, El, Mahdy y Moussa (2020) quienes trabajaron con nanosílice (NS) y nanoarcilla (NC) como modificadores, agregaron NS y NC al 3%, 5% y 7% en peso de betún encontraron valores de penetración bajos con NC al 3% y NS al 5% igual a 40 y 45 0.1mm, valores de SP fueron altos con la NC al 3% y NS al 5% al 47°C y 46°C respectivamente, viscosidad rotacional alta a 135°C y 165°C fueron con NC al 3% y NS al 5% igual a 500CP y 120CP respectivamente por lo tanto serán NC al 3% y NS al 5% las cantidades optimas de nanoaditivos por ello sus valores aumentaron de: estabilidad en 17.11% y 41.85%, de Marshall cociente en 3.22% y 39.18%, de IDT en 76.77% y 92.28%. Por su parte Marín, Jiménez y Rondón (2019) su prioridad fue estudiar el comportamientos del caolín bajo un tratamiento a temperatura térmicamente para saber si se podría utilizar como relleno natural en la mezcla asfáltica en caliente trabajaron con la adición de caolín al 6% sin tratar y tratado denominados HMA-19-K y HMA-19-KT respectivamente, se fabricaron cinco muestras para cada uno de los porcentajes de asfalto de 4,5 %, 5,0 %, 5,5 % y 6,0 % de acuerdo con los lineamientos AASHTO T-245 obtuvieron con HMA-19-KT a 300°C 400°C 500°C y 600°C a la dos horas perdió totalmente la plasticidad, HTK acrecentó la resistencia a la deformación permanente en un 7 % y un 17 %, el contenido óptimo de betún fue del 5,3 % y el ITS aumentó en un 10 % en comparación con el betún de control. Los antecedentes y sus coincidencias con la presente investigación evidencian que la adición de nanoaditivos ayuda a subir valores en la resistencia a la humedad haciendo un mezcla resistente a las fallas.

## **VI. CONCLUSIONES**

1.- La investigación se realizó para determinar el efecto de los análisis de la resistencia a la deformación de mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, en consecuencia, se utilizaron 2 métodos mecánicos y termodinámicos diferentes para evaluar las mezclas, encontrando que todos los diseños obtuvieron su TSR mayor a 80% convirtiéndolas en mezclas modificadas con una resistencia conservada capaz de superar de ser resistente a la deformaciones.

2.- También se determinó el efecto de los análisis de la estabilidad con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, con el método Marshall se obtuvo que la mejor concentración fue con nanocarbonato de calcio 0.5% y nanoarcilla 3.5% teniendo un aumento entre su concentración anterior de 180lb, pero la concentración con nanocarbonato de calcio 0.5% y nanoarcilla 4.5% obtuvo el mayor valor de estabilidad de 3080lb.

3.- Igualmente se determinó el efecto de los análisis de la fluencia con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, con el método Marshall los valores de flujo tuvieron un mínima variación con respecto al diseño control, diseño 1 y 2 disminuyo en 3.03%, diseño 3 aumento en 3.03%, diseño 4 y 5 aumento en 6.06%, teniendo una deformación controlada.

4.- Además se determinó el efecto de los análisis de la resistencia a la humedad en la mezcla asfáltica, con el método Lottman modificado encontrando la mejor concentración fue con nanocarbonato de calcio 0.5% y nanoarcilla 4.5% con 87.80% teniendo un 8.70% más TSR que la mezcla control, teniendo un mezcla con menor susceptibilidad a la humedad.

Dicho lo anterior puedo concluir el uso de nanoaditivos: nanocarbonato de calcio y nanoarcilla nos dan tres buenas razones para considerarlos en la fabricación de mezclas asfálticas en caliente: la parte funcional; mezcla es más resistente a las deformaciones, al desplazamiento y a la humedad, económica; la diferencia de costo del 90% y ecológica; su origen natural y cantidad de uso son mínimas.

## **VII. RECOMENDACIONES**

De acuerdo con el presente trabajo de investigación se recomienda analizar la mezcla asfáltica con una mayor dosificación de nanocarbonato de calcio y nanoarcilla para así tener un mayor rango de dosificación y para evaluar el límite de uso de dichos nanoaditivos.

Asimismo, para tener más detalle de los componente de la mezcla asfáltica se sugiere realizar primero pruebas específicas al cemento asfáltico adicionando nanoaditivos para así tener un primer componente potenciado para dar un producto final.

## REFERENCIAS

AKBARI Abbas y MODARRES Amir (2017), *Efecto de los nanoaditivos de arcilla y cal sobre la durabilidad congelación-descongelación de mezcla asfáltica en caliente*, 18 (3), 649-669, ISSN 14680629, <http://www.tandfonline.com/loi/trmp20>

AMERI Mahmoud, VAMEGH Mostafa, ROOHOLAMINI Hamed y HADDADI Farshad (2018), *Investigación de los efectos del polímero nano/SBR en el rendimiento de formación de surcos de la mezcla de aglomerante y asfalto*, 2018, 7, Article ID 5891963, <https://doi.org/10.1155/2018/5891963>.

ALDEA Steliana et al. (2016), *Cristalización de nanocarbonato de calcio: la influencia de los parámetros del proceso*, 88(11), SN 0009-286X, <https://doi.org/10.1002/cite.201600028>.

MUTLAQ Shaymaa y MAHAL Ehab (2021), *Mejora de las características del betún mediante látex de caucho natural y cloro gaseoso*, *Revista egipcia de química*, Vol. 64 (12), pp. 7067 -7074, DOI: 10.21608/EJCHEM.2021.80031.3940.

ALI Liaqat et al. (2021), *Investigación experimental sobre la evaluación mecánica y de fractura de composites cementosos reforzados con fibra de carbono con nanocarbonato de calcio*, 308, ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125095>.

ARABANI Mahyar, RANJBAR Zahra y HOSSEIN Gholam (2020), *Evaluación del efecto del polvo y el hollín en la acidez de la escorrentía y la sensibilidad a la humedad de las mezclas asfálticas mediante métodos termodinámicos y mecánicos*, 32(11), ISSN 0402-0313, DOI: 10.1061/(ASCE)MT.1943-5533.0003397.

BAHMANI Hossein, KHANI Hamed y PEIRAVIAN Farideddin (2021), *Estimación de la resistencia a la humedad de una mezcla asfáltica que contiene resina epoxi mediante el método de energía libre superficial y la prueba de Lottman modificada*, DOI: 10.1080/10298436.2021.1904236.

BAENA, Guillermina. Metodología de la investigación 3ª edición. México: Grupo editorial patria s.a de C.V, 2017. 157 pp. ISBN: 978-607-744-748-1.

BEHAR Daniel. Metodología de la investigación. Shalom, 2008. 94 pp. ISBN 978-959-212-783-7.

CHEN Jiaqi et al. (2021), *Nuevas innovaciones en materiales de pavimento e ingeniería: una revisión de la ingeniería de pavimentos investigación 2021*, 8(6), 815-999, <https://doi.org/10.1016/j.jtte.2021.10.001>.

CRUCHO João, PICADO Luís, NEVES José y CAPITÃO Silvino (2019), *Una revisión del efecto de los nanomateriales en el rendimiento mecánico y el envejecimiento de las mezclas asfálticas*, 9(18), 3657, <https://doi.org/10.3390/app9183657>, ISSN: 2076-3417

CAO Mingli, MING Xing, HE Kaiyu, LI Li y SHEN Shirley (2019), *Efecto del macro-, micro- y nano-calcio Carbonato en propiedades de cemento Compuestos: una revisión*, 12(5), 781, <https://doi.org/10.3390/ma12050781>, ISSN 1996-1944.

COPPIO Gustavo et al. (2021), *Evaluaciones mecánicas y microestructurales de residuos de arena de fundición en mezcla asfáltica en caliente*, *Construcción y Materiales de Construcción*, 311, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.125329>, ISSN: 0950-0618.

DOU Detian et al. (2022), *Adsorción de iones de cobre (II) y cadmio (II) por hidrogeles de quitina de alta intensidad de nanocarbonato de calcio dopados in situ*, 43(B), <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2021.127137>, ISSN 0304-3894.

EBRAHIM Hesami y GHOLAMREZA Mehdizadeh (2017), *Estudio de los antistripantes líquidos base amina mediante la simulación del proceso de producción de una planta de mezcla asfáltica en caliente*, *Construcción y Materiales de Construcción*, Vol. 157, 1011-1017, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.09.168>, ISSN: 0950-0618.

EZREE Mohd et al. (2016), *Propiedades de ingeniería de aglutinantes de asfalto que*

contienen nanoarcilla y aditivos químicos de mezcla en caliente para asfalto, Vol. 112, 232-240, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061816301489>, ISSN: 0950-0618.

EZZAT Helal et al. (2018), *Desempeño previsto de la mezcla asfáltica en caliente modificada con nanomontmorillonita y nanodióxido de silicio en base a las condiciones egipcias*, *Revista internacional de ingeniería de pavimentos*, 21, 5, 642-652, <https://doi.org/10.1080/10298436.2018.1502437>, ISSN: 1029-8436.

FAKHRI Mansour, AHMADI Amin (2017), *Evaluación de la resistencia a la fractura de mezclas asfálticas que involucran escorias de acería y RAP: Susceptibilidad al nivel de envejecimiento y ciclos de hielo y deshielo*, 157, 748-756, ISSN 0950-0618, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061817319359>.

FAHIM Ghassan, HAFIZAH Nur & MIRZA Jahangir. *Nanotechnology for Smart Concrete*. London: Taylor & Francis Group 2022. 61p. ISBN: 978-1-032-05127-7.

FERNÁNDEZ Wilmar, RONDÓN Hugo y REYES Fredy (2017), *Efectos del envejecimiento por radiación UV en las propiedades químicas y reológicas de los cementos asfálticos extraídos de dos mezclas asfálticas*, 30, 2, 7-16, DOI: <http://dx.doi.org/10.18273/revion.v30n2-2017001>, ISSN: 2145-8480.

GHALLY Essam, KHALIL Hazem, ABDEL Ramy y BAKR Moustafa (2022), *Mejora del rendimiento de las mezclas asfálticas mediante la adición de residuos de EVA*, *Revista egipcia de química*, Vol. 65 (4), pp. 779 – 792, DOI: 10.21608/EJCHEM.2021.107995.4940.

GAO, Chengtao, GUO, Jianbing, XIE, Haibo (2019), *El efecto del alginato en las propiedades mecánicas, térmicas y reológicas de nanocompuestos de ácido poliláctico rellenos con carbonato de calcio*, 59(9), SN 0032-3888, <https://doi.org/10.1002/pen.25188>.

HAMED G., TAHAMI S. (2018), *El efecto del uso de aditivos anti-decapado en Daño*

por humedad de la mezcla asfáltica en caliente, 81, 90-97, ISSN 0143-7496, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0143749617300672>.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Lucio. *Metodología de la investigación*. 6° ed. México: Mc Graw Hill Education, 2014. 634 pp. ISBN: 978-1-4562-2396-0.

HUANG Jiandong et al. (2021), *Hacia el uso potencial del polvo de cáscara de huevo como biomodificador para ligantes y mezclas asfálticas: trabajabilidad y propiedades mecánicas*, *International Journal of Pavement Engineering*, 21, 13, DOI: 10.1080/10298436.2021.1905809, SN 1029-8436.

HUANG Jiandong, KUMAR Shiva y SUN Yuantian (2021) *Evaluación de la trabajabilidad y propiedades mecánicas de ligante asfáltico y mezcla modificada con tóner residual*, *Construcción y Materiales de Construcción*, 276, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.122230>, ISSN: 0950-0618.

HDABI Abbas, NIBRAS A. y MOHAMED Sarab (2018), *Características del asfalto de mezcla en caliente mejoradas con nanomateriales*, *Ciencia e Ingeniería de los Materiales*, Vol. 454, doi:10.1088/1757-899X/454/1/012137. ISSN: 012137.

ISKENDER Erol (2016), *Evaluación de propiedades mecánicas de mezclas asfálticas modificadas con nanoarcillas*, 93, 359-371, ISSN 0263-2241, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0263224116304043>.

KHODADADI Mojtaba, AZARHOOSH Alireza y KHODAII Ali (2021), *Influencia del recubrimiento polimérico de la superficie del agregado en el daño por humedad de la mezcla asfáltica en caliente*, *Periódica politécnica ingeniería civil*, 65(2), pp. 376-384, <https://doi.org/10.3311/PPci.14340>.

MARÍN Bryan, JIMÉNEZ Omar y RONDÓN Hugo (2019), *Comportamiento de un caolín tratado térmicamente como llenante mineral en una mezcla de concreto asfáltico*, 11(3), 10-17, <http://dx.doi.org/10.22335/rlct.v11i3.861>.

MINAYA Silene y ORDOÑEZ Abel. Diseño Moderno de Pavimentos asfálticos 2° ed. Perú: ICG 2006. 487 pp.

Ministerio de transporte y Comunicaciones. Manual de carreteras especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013

MUSYOKA Nicholas y LANGMI Henrietta (2015), *Arcilla y materiales con soporte de arcilla para aplicaciones de almacenamiento de energía limpia*, Nova Science Publishers, ISBN: 978-1-63482-142-1.

NAZIR Muhammad et al. (2016), *Propiedades características de nanoarcillas y caracterización de nanopartículas y nanocompuestos*, 1, 35-55, ISBN 978-981-10-1952-4, ISSN 1868-1212, <https://doi.org/10.1007/978-981-10-1953-1>.

LASKE Stephan, *Compuestos de nanoarcilla polimérica*, USA, Book Aid International, 2015. 225 pp. ISBN: 978-0-323-29962-6.

LIU J. (2021). *Síntesis de partículas de carbonato de calcio de tamaño micro y nano y sus aplicaciones*, *Revista de química de materiales*, 1-46, [www.rsc.org/materialsA](http://www.rsc.org/materialsA), ISSN: 2050-7496.

ODA Ahmed, EL Ahmed, MAHDY Hassan y MOUSSA Osama (2020), *Efectos de la modificación del asfalto por Nanosilica y Nanoclay en propiedades del aglutinante asfáltico y mezcla asfáltica en caliente*, doi:10.1088/1757-899X/974/1/012003.

OMAR Hend et al. (2021), *El efecto del envejecimiento en las características químicas y de resistencia de la mezcla de asfalto y betún modificado con nanoarcilla*, *Ciencias aplicadas*, 11(15), 6709, <https://doi.org/10.3390/app11156709>.

Perú, La Ley N.º 24648, el 20 de enero 1987, número 2, p. 36.

POUDYAL Lochana, ADHIKARI Kushal y WON Moon (2021), *Propiedades mecánicas y de durabilidad de la piedra caliza Portland Cemento (PLC) Incorporado con Nano Carbonato de Calcio (CaCO<sub>3</sub>)*, 14(4), 905-924, <https://doi.org/10.3390/ma14040905>.

Reglamento nacional de edificaciones (2010), Pavimentos urbanos Norma CE.010, [Reglamento Nacional de Edificaciones \(construccion.org\)](#) y [Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE - Gobierno del Perú \(www.gob.pe\)](#)

ROY Kumarjyoti, CHANDRA Subhas, RAENGTHON Natthaphon y POTIYARAJ Pranut (2019), *Comprender la eficiencia de refuerzo del nanocarbonato de calcio derivado de la cáscara de huevo de desecho en compuestos de caucho natural con caucho natural maleado como compatibilidad*, 59(7), 1428-1436, <https://doi.org/10.1002/pen.25127>.

RIGAIL Andrés, DIAZ Antonio, GALLARDO Juan, ULLAGUARI Stefania y MORALES Nicolás (2019), *Nanocompuestos de arcilla HDPE/PET reciclados*, 821, 67-73, ISSN: 1662-9795, doi: 10.4028/www.scientific.net/KEM.821.67.

SHAFABAKHSH Gholam, SADEGHNEJAD Mostafa, AHOOR Behzad, TAHERI Esmail (2020), *Experimento de laboratorio sobre el efecto de nano SiO<sub>2</sub> y TiO<sub>2</sub> en el comportamiento de envejecimiento a corto y largo plazo del betún*, 237, 117640, ISSN 0950-0618, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0950061819330922>.

SOHRABI Mohsen, SHIRMOHAMMADI Hamid y HAMED I Gholam (2019), *Investigación del efecto de modificar la superficie del agregado por carbonato de calcio micronizado sobre el aumento de la humedad resistencia de mezclas asfálticas*, 63(1), 63-67, <https://doi.org/10.3311/PPci.11632>.

SUGIMAN Sugiman, SALMAN Salman y ANSHARI Buan (2021), *Envejecimiento hidrotermal de nanocompuestos hidrofóbicos de carbonato de calcio/epoxi, Degradación y estabilidad de polímeros*, 191, 109671, ISSN 0141-3910, <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2021.109671>.

SIDDIG E, CHENG P. y LI Y. (2019), *Efectos de la nanoarcilla modificada con polímeros en el desempeño de la mezcla asfáltica*, 7(91), 98-111, ISSN 2071-0305, DOI: 10.18720/MCE.91.9.

TORRES Diana et al. (2019), *Estudio preliminar sobre el aprovechamiento de escoria*

*de fundición de plomo secundario en la obtención de mezclas asfálticas*, 37(2), 1-257, ISSN 2145-9371, <http://dx.doi.org/10.14482/inde.37.2.62411>.

TAMAYO, Mario. *Proceso de la investigación científica* 6° ed. México: Limusa 2004. 440p. ISBN: 968-18-5872-7.

USMAN K. et al. (2022), *Durabilidad del asfalto de mezcla en frío de grado denso modificado con POFA*, *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*, 971, 1, 14, doi:10.1088/1755-1315/971/1/012006, SCI: 971 012006.

WANG Tingyu et al. (2021), *Propiedades mecánicas y contracción de Ultra alto rendimiento Concreto que contiene carbonato de litio y carbonato de nano-calcio*, 2021(15), 15, Article ID 6646272, <https://doi.org/10.1155/2021/6646272>.

YANG Zhengxian, ZHANG Yan y SHI Xianming (2017), *Impacto de la nanoarcilla y la microfibra de carbono en la lucha contra el deterioro del hormigón asfáltico por descongelantes sin cloruro*, 160(2018), 514-525, ISSN 0950-0618, <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.11.059>.

## ANEXOS

**MATRIZ DE CONSISTENCIA**  
**“Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022”**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES			TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	
<p>Problema General:</p> <p>¿Cuál es el efecto de los análisis de la resistencia a la deformación de mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022?</p>	<p>Objetivo General:</p> <p>Determinar el efecto de los análisis de la resistencia a la deformación en la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>El efecto de los análisis genera resultados favorables para la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022</p>	<b>VARIABLE (I) nanocarbonato de calcio y nanoarcilla</b>			<p><b>Tipo:</b> Aplicada</p> <p><b>Nivel:</b> Explicativo</p> <p><b>Diseño:</b> Experimental</p> <p><b>Población:</b> 126 briquetas</p> <p><b>Muestra:</b> 105 briquetas</p> <p><b>Instrumentos:</b> Formato de recolección de datos de los ensayos laboratorio</p>	
			<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>		
			Dosificación	Nanoarcilla 0.5% 1.5% 2.5% 3.5% 4.5%	Balanza digital con precisión de 0.1 gr.		
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicos	<b>VARIABLE (D) Mezcla asfáltica</b>				
<p>¿Cuál es el efecto de los análisis de la estabilidad con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022?</p>	<p>Determinar el efecto de los análisis de la estabilidad con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022.</p>	<p>El efecto de los análisis genera resultados favorables para la estabilidad con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022.</p>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>		
			Estabilidad	<b>Deformaciones/Fisuras</b> Desplazamiento	Estabilidad Marshall		
<p>¿Cuál es el efecto de los análisis de la fluencia con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022?</p>	<p>Determinar el efecto de los análisis de la fluencia con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022.</p>	<p>El efecto de los análisis genera resultados favorables para la fluencia con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022.</p>	Fluencia	Deformación permanente	Flujo Marshall		
			Resistencia a la humedad	Agrietamiento	Método Lottman modificada		
<p>¿Cuál es el efecto de los análisis a la resistencia a la humedad de la mezcla asfáltica, Lima 2022?</p>	<p>Determinar el efecto de los análisis de la resistencia a la humedad en la mezcla asfáltica, Lima 2022.</p>	<p>El efecto de los análisis genera resultados favorables para la resistencia a la humedad de la mezcla asfáltica, Lima 2022.</p>					

**MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN**

**“Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022”**

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable (I) nanocarbonato de calcio y nanoarcilla	La nanoarcilla es una sustancia química con disponibilidad y de bajo costo, la característica de aceptar cambios en la química de la superficie y delaminarse en láminas le permite el desarrollo de nuevos componentes, cuya propiedad es la expansión y absorción (Nazir et al., 2016). El nano carbonato de calcio son nano partículas es usado como relleno en las industrias polímeros gracias a sus propiedades mecánicas, conductividad térmica son excelentes (Iskender, 2016).	Gracias a la nanotecnología podemos modificar materiales químicos, debido a sus propiedades de la nanoarcilla o nanocarbonato de calcio se pueden utilizar como nanoaditivos ayudando a la mejora de las propiedades de elemento a modificar (Iskender, 2016), se adicionará al asfalto 0.5%, 1.5% 2.5%, 3.5% y 4.5% de nanoarcilla y 0.5% de nanocarbonato de calcio en peso del ligante asfáltico.	Porcentaje de concentración	Nanoarcilla 0.5% 1.5% 2.5% 3.5% 4.5%	Balanza digital con precisión de 0.1 gr.	Cuantitativa razón
				Nanocarbonato de calcio 0.5%		
Variable (D) Mezcla asfáltica	La mezcla asfáltica denominada como un material estructural o aglomerado ya que es una combinación de agregados pétreos (gruesos o finos) al 90%, polvo mineral (filler) al 5% y ligante asfáltico al 5%, cuya función es de proporcionar una superficie con optimas propiedades mecánicas para dar seguridad a la circulación de los vehículos (Padilla, 2010)	Se ha investigado la mejora de las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica, donde se han modificado sus materiales agregados o ligante asfáltico o relleno mineral. Una vez obtenido el contenido óptimo del asfalto, la mezcla asfáltica será modificada con los nanoaditivos en las diferentes concentraciones y analizaremos los resultados con base a la mezcla base o control (Akbari y Modarres, 2016)	Estabilidad	<b>Deformaciones/Fisuras</b> Desplazamiento	Estabilidad Marshall	Cuantitativa razón
			Fluencia	Deformación permanente	Flujo Marshall	
			Resistencia a la humedad	Agrietamiento	Método Lottman modificado	

# LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

## INFORME DE ENSAYO N°

SOLICITANTE:

MUESTRA:

PROYECTO:

IDENTIFICACIÓN:

CANTIDAD:

FECHA DE RECEPCIÓN:

PRESENTACIÓN:

FECHA DE ENSAYO:

### MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL

**Características de la Mezcla:**

- N° de golpes por cara :
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % \* :
- Peso Especifico bulk, g/cm<sup>3</sup> :
- Vacíos, % :
- Vacíos Llenos con Cemento Asfáltico, % :
- V.M.A % :
- Estabilidad, lb (kN) :
- Flujo, 0.01" (0.25 mm) :
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm :
- Absorción de Asfalto, % :
- Temperatura de la Mezcla, °C :

**Proporciones de mezcla:**

- (1) Agregado grueso, % \* :
- (2) Agregado fino, % \* :

**Materiales:**

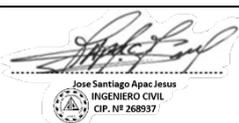
- Tipo de Asfalto :
- Agregado grueso :
- Agregado fino :
- Sistema Mejorador :

**Nota:**

(\*) Porcentaje en peso de la mezcla total.

**Observaciones:**

- Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2013), aprobado con R.D. N° 03-2013-MTC/14 de 06/2013.
- Agregados, PEN, Mejorador, proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo:
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS	
NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMA/CIP
EXPERTO 1:  Luis Humberto Mejía Muñoz <b>REG. CIP 119835</b>	 LUIS HUMBERTO MEJÍA MUÑOZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 119835
EXPERTO 2:  Jasson Cesar Quispe Rojas <b>REG. CIP 41412704</b>	 Jasson Cesar Quispe Rojas INGENIERO CIVIL CIP N° 41412704 RUC N° 10414127041
EXPERTO 3:  José Santiago Apac Jesús <b>REG. CIP 268937</b>	 José Santiago Apac Jesús INGENIERO CIVIL CIP. N° 268937

# LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD

## INFORME DE ENSAYO N°

SOLICITANTE:  
 DOMICILIO LEGAL:  
 PROYECTO:  
 REFERENCIA:  
 FECHA DE RECEPCIÓN:

MUESTRA:  
 IDENTIFICACIÓN:  
 CANTIDAD:  
 PRESENTACIÓN: FECHA  
 DE ENSAYO:

**ASTM D-4867 -04\***      **MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA EL EFECTO DE LA HUMEDAD EN MEZCLAS PARA PAVIMENTOS DE CONCRETO ASFÁLTICO.**

MEZCLA ASFÁLTICA:

TIPO DE ASFALTO :

TIPO DE ADITIVO :

Acondicionamiento de Muestra	En Seco <sup>(d)</sup>			En Húmedo <sup>(1)</sup>		
N° Espécimen	1	3	4	2	5	6
Promedio de Vacíos de Aire (%)						
Grado de Saturación promedio – después de saturación parcial (%)						
Grado de Saturación promedio – después del acondicionamiento Húmedo (%)						
Hinchamiento Promedio después de la saturación parcial (%)						
Hinchamiento Promedio después del acondicionamiento Húmedo (%)						
Resistencia a la Tensión en cada espécimen - psi						
Promedio de Resistencia a la Tensión en cada condición - psi (St <sub>d</sub> , St <sub>h</sub> )						
Razón de Resistencia a la Tensión (%) (St <sub>h</sub> /St <sub>d</sub> )						
Daño por humedad (visual) <sup>(2)</sup>						
Agregados fracturados (visual)						

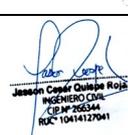
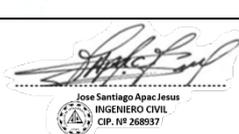
**Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio St<sub>h</sub>/St<sub>d</sub>) =**

**Nota:**

- (1) Acondicionamiento húmedo: - 18°C +/- 3°C por 16 horas luego a 60°C +/- 1.0°C por 24 horas.
- (2) Daño por humedad (visual) - escala de 0 - 5 (con 5 como el de mayor desprendimiento), según método de ensayo.

**Observaciones:**

- (\*) Publicado en "Standard Specifications for transportation materials and methods of sampling and testing 2005 - Part 2A Tests.
- El ensayo fue efectuado con la formulación del Diseño Marshall proporcionado por el cliente.
- Fecha de orden de ensayo:
- La interpretación ajena de los resultados de ensayos, es de exclusiva responsabilidad del usuario.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS	
NOMBRES Y APELLIDOS	FIRMA/CIP
EXPERTO 1:  <b>Luis Humberto Mejía Muñoz</b> <b>REG. CIP 119835</b>	 LUIS HUMBERTO MEJIA MUÑOZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 119835
EXPERTO 2:  <b>Jasson Cesar Quispe Rojas</b> <b>REG. CIP 41412704</b>	 Jasson Cesar Quispe Rojas INGENIERO CIVIL CIP N° 41412704 ROC 1041412704
EXPERTO 3:  <b>José Santiago Apac Jesús</b> <b>REG. CIP 268937</b>	 José Santiago Apac Jesús INGENIERO CIVIL CIP. N° 268937

## Evaluación de expertos

Estimado profesional, está invitado a participar en el proceso de evaluación de un instrumento para investigación en la mezcla asfáltica en caliente. Por lo tanto, la herramienta de evaluación y el formulario actual en el que se proporcionará están disponibles para que nos proporcione su evaluación de cada elemento de la herramienta de investigación. Agradecemos de antemano su aporte, que nos permitirá validar la herramienta y obtener información válida, referencia necesaria para toda la investigación.

### Validación de contenido de ficha de registro para la variable mezcla asfáltica

A continuación, se le hace llegar el instrumento de recolección de datos (Ficha de registro) que permitirá recoger la información en la presente investigación: Análisis de la resistencia a la deformación de mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022. Por lo que se le solicita que tenga a bien evaluar el instrumento, haciendo, de ser caso, las sugerencias para realizar las correcciones pertinentes. Los criterios de validación de contenido son:

**Tabla 1:** *Ficha de criterios para la validación.*

Criterios	Detalle	Calificación	
<b>Suficiencia</b>	El elemento pertenece a la dimensión y basta para obtener la medición de esta.	de acuerdo	1
		en desacuerdo	0
<b>Claridad</b>	El elemento se comprende fácilmente, es decir, su sintáctica y semántica son adecuadas.	de acuerdo	1
		en desacuerdo	0
<b>Coherencia</b>	El elemento tiene relación lógica con el indicador que está midiendo.	de acuerdo	1
		en desacuerdo	0
<b>Relevancia</b>	El elemento es esencial o importante, es decir, debe ser incluido.	de acuerdo	1
		en desacuerdo	0

Fuente: Escobar y Cuervo (2008)

## **Matriz de validación de ficha de registro de la variable mezcla asfáltica**

La mezcla asfáltica denominada como un material estructural o aglomerado ya que es una combinación de agregados pétreos (gruesos o finos) al 90%, polvo mineral (filler) al 5% y ligante asfáltico al 5%, cuya función es de proporcionar una superficie con optimas propiedades mecánicas para dar seguridad a la circulación de los vehículos (Padilla, 2010).

**Tabla 2:** *Ficha de revisión de datos*

<b>La investigación</b>	
<b>Título</b>	Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022.
<b>Autor</b>	Quispe Pacheco, Yasmin Catherine
<b>Asesor</b>	Dr. Fernández Díaz, Carlos Mario
<b>Problemática general</b>	¿Cuál es el efecto de los análisis de la resistencia a la deformación de mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022?
<b>Objetivo general</b>	Determinar el efecto de los análisis de la resistencia a la deformación en la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022.
<b>Objetivos específicos</b>	Determinar el efecto de los análisis de la estabilidad con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022.
	Determinar el efecto de los análisis de la fluencia con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima 2022.
	Determinar el efecto de los análisis de la resistencia a la humedad en la mezcla asfáltica, Lima 2022.

Fuente: elaboración propia

**Tabla 3: Matriz de la Ficha de registro**

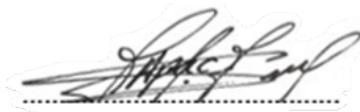
<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Elemento</b>	<b>Suficiencia</b>	<b>Claridad</b>	<b>Coherencia</b>	<b>Relevancia</b>	<b>Observación</b>
<b>Estabilidad</b>	Deformaciones/Fisuras Desplazamiento	Estabilidad Marshall					
<b>Fluencia</b>	Deformación permanente	Flujo Marshall	1	1	1	1	
<b>Resistencia a la humedad</b>	Agrietamiento	Método Lottman modificado					

Fuente: elaboración propia

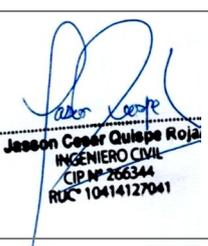
## FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

<b>Nombre del instrumento</b>	1.- Ensayo para medir la resistencia de mezclas bituminosas usando el aparato Marshall 2.- Método de ensayo estándar para la resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad.
<b>Objetivo del instrumento</b>	1.- Calcular la resistencia a la deformación 2.- Calcular la resistencia al daño por la humedad
<b>Nombres y apellidos del experto</b>	Luis Humberto Mejía Muñoz
<b>Documento de identidad</b>	33569584
<b>Años de experiencia en el área</b>	20 años
<b>Máximo Grado Académico</b>	Magister
<b>Nacionalidad</b>	Peruana
<b>Institución</b>	MLejía Ingenieros s.a.c
<b>Cargo</b>	Gerente General
<b>Número telefónico</b>	951-980-447
<b>Firma:</b>	 LUIS HUMBERTO MEJIA MUÑOZ INGENIERO CIVIL Reg. CIP N° 119835
<b>Fecha:</b>	22 / 06 / 2022

## FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

<b>Nombre del instrumento</b>	1.- Ensayo para medir la resistencia de mezclas bituminosas usando el aparato Marshall 2.- Método de ensayo estándar para la resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad.
<b>Objetivo del instrumento</b>	1.- Calcular la resistencia a la deformación 2.- Calcular la resistencia al daño por la humedad
<b>Nombres y apellidos del experto</b>	José Santiago Apac Jesús
<b>Documento de identidad</b>	45206598
<b>Años de experiencia en el área</b>	1 año
<b>Máximo Grado Académico</b>	Ingeniero
<b>Nacionalidad</b>	Peruana
<b>Institución</b>	Constructora Magcam s.a.c
<b>Cargo</b>	Gerente General
<b>Número telefónico</b>	963-506-573
<b>Firma:</b>	 
<b>Fecha:</b>	22 / 06 / 2022

## FICHA DE VALIDACIÓN DE JUICIO DE EXPERTO

<b>Nombre del instrumento</b>	1.- Ensayo para medir la resistencia de mezclas bituminosas usando el aparato Marshall 2.- Método de ensayo estándar para la resistencia de mezclas asfálticas compactadas al daño inducido por humedad.
<b>Objetivo del instrumento</b>	1.- Calcular la resistencia al daño por la humedad 2.- Calcular la resistencia a la deformación
<b>Nombres y apellidos del experto</b>	Jasson Cesar Quispe Rojas
<b>Documento de identidad</b>	41412704
<b>Años de experiencia en el área</b>	1 año
<b>Máximo Grado Académico</b>	Ingeniero
<b>Nacionalidad</b>	Peruana
<b>Institución</b>	Consulting engineers and constructors s.a.c
<b>Cargo</b>	Gerente General
<b>Número telefónico</b>	
<b>Firma:</b>	 Jasson Cesar Quispe Rojas INGENIERO CIVIL CIP Nº 266344 RUC Nº 10414127041
<b>Fecha:</b>	22 / 06 / 2022

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022."  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10.

**MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/09/30.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4.5			5.0		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38.20			38.00		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	57.30			57.00		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	--			--		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			1.010		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.685			2.685		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.689			2.689		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	--			--		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	65.4	61.2	63.7	66.3	64.2	64.5
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,213.8	1,213.7	1,213.1	1,221.4	1,219.7	1,220.4
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,217.2	1,216.1	1,216.5	1,222.5	1,222.4	1,223.3
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	679.0	680.2	682.0	692.2	694.6	694.8
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	538.2	535.9	534.5	530.3	527.8	528.5
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	3.4	2.4	3.4	1.1	2.7	2.9
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.63	0.45	0.64	0.21	0.51	0.55
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2249	2258	2263	2296	2304	2302
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.³) (A/(B-C))	2.255	2.265	2.270	2.303	2.311	2.309
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.505			2.487		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	10.0	9.6	9.4	7.4	7.1	7.2
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.³)	2.687			2.687		
21 V.M.A. (%)	19.8	19.5	19.3	18.6	18.3	18.4
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	49.6	50.8	51.3	60.3	61.3	61.1
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.693			2.694		
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.1			0.1		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4.4			4.9		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	9.0	9.0	9.0	10.0	10.0	11.0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	860.0	910.0	915.0	1,100.0	1,050.0	1,050.0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	894.0	946.0	952.0	1,144.0	1,092.0	1,092.0



DMA (4/45)  
 mepp/jems  
 O.S. N°156

*Edward David Hernandez Vasquez*  
**EDWARD DAVID  
 HERNANDEZ VASQUEZ**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 284762

Lima, 15 de Octubre del 2020.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmín Catherine Quispe Pacheco  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022."  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10.

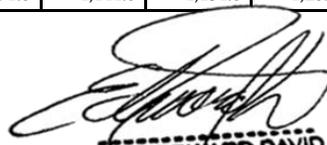
**MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/09/30.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.50			6.00		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.80			37.60		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56.70			56.40		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	--			--		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			1.010		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.685			2.685		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.689			2.689		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	--			--		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	64.3	64.2	65.5	65.0	65.3	64.0
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,230.0	1,231.2	1,231.5	1,235.2	1,235.2	1,236.2
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,232.4	1,233.2	1,233.2	1,236.2	1,237.2	1,238.1
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	705.9	706.0	705.3	715.3	716.3	719.0
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	526.5	527.2	527.9	520.9	520.9	519.1
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	2.4	2.0	1.7	1.0	2.0	1.9
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.46	0.38	0.32	0.19	0.38	0.37
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2329	2328	2326	2364	2364	2374
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2.336	2.335	2.333	2.371	2.371	2.381
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.469			2.448		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	5.4	5.4	5.5	3.1	3.1	2.7
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2.687			2.687		
21 V.M.A.	17.8	17.9	18.0	17.0	17.0	16.7
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	69.8	69.8	69.3	81.6	81.6	83.7
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.696			2.693		
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.1			0.1		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	5.4			5.9		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	11.0	11.0	12.0	12.0	13.0	13.0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1,145.0	1,100.0	1,110.0	1,220.0	1,180.0	1,200.0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1,191.0	1,144.0	1,154.0	1,269.0	1,227.0	1,248.0



DMA (5/45)  
mepp/jems  
O.S. N°56

  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 284762

Lima, 15 de Octubre del 2020.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022."  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10.

**MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/09/30.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.50					
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.40					
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56.10					
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	--					
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010					
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.685					
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.689					
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	--					
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	65.2	65.0	65.8			
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,235.9	1,235.1	1,236.2			
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,237.2	1,236.2	1,237.8			
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	714.0	715.0	716.2			
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	523.2	521.2	521.6			
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	1.3	1.1	1.6			
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.25	0.21	0.31			
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2355	2363	2363			
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2.362	2.370	2.370			
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.428					
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	2.7	2.4	2.4			
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2.687					
21 V.M.A.	17.8	17.5	17.5			
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	84.8	86.3	86.3			
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.691					
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.1					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	6.5					
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	13.0	14.0	14.0			
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1,050.0	1,065.0	1,100.0			
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04			
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1,092.0	1,108.0	1,144.0			



DMA (6/45)  
mepp/jems  
O.S. N°56

*Edward David Hernandez Vasquez*  
**EDUARDO DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 284762

Lima, 15 de Octubre del 2020.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

<b>SOLICITANTE</b>	: Yasmin Catherine Quispe Pacheco	<b>MUESTRA</b>	: Agregados, Pen 60-70.
<b>PROYECTO</b>	: Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022."	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: La que se indica.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2022/09/10.	<b>CANTIDAD</b>	: 100 kg, 01 gl.
		<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos y envase metálico.
		<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 2022/09/10 al 2022/09/30.

**MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

**Características de la Mezcla :**

- N° de golpes por cara	:		75	
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	6.0	6.2	6.4
- Peso Especifico bulk, g/cm <sup>3</sup>	:	2.370	2.375	2.372
- Vacios, %	:	3.8	3.0	2.2
- Vacios llenos con Cemento Asfáltico, %	:	78.0	82.0	87.0
- V.M.A., %	:	17.2	17.3	17.4
- Estabilidad, lb (kN)	:	2700.0 (12.01)	2650.0 (11.79)	2540.0 (11.3)
- Flujo, 0.01" (0.25 mm)	:	12.7 (3.2)	13.1 (3.3)	13.6 (3.4)
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm	:		3650.1	
- Absorción de Asfalto, %	:		0.1	
- Temperatura de la Mezcla, °C	:		145.0	

**Proporciones de mezcla :**

(1) Agregado grueso, % *	:	40.0
(2) Agregado fino, % *	:	60.0

**Materiales :**

- Tipo de Asfalto	:	PEN 60-70 (proporcionado por el solicitante).
- Agregado grueso	:	Cantera Carabayllo - Grava 1/2" (40%)
- Agregado fino	:	Cantera Carabayllo - Arena Chancada 1 (60%)

**Nota :**

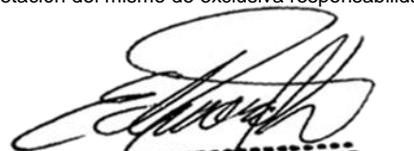
(\*) Porcentaje en peso de la mezcla total.

**Observaciones :**

- Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2013), aprobado con R.D. N° 03-2013-MTC/14 de 06/2013.
- Agregados, PEN 60-70, proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 2022/09/10.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



DMA (7/45)  
mepp/jems  
O.S. N°56

  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 264762

Lima, 15 de Octubre del 2020.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

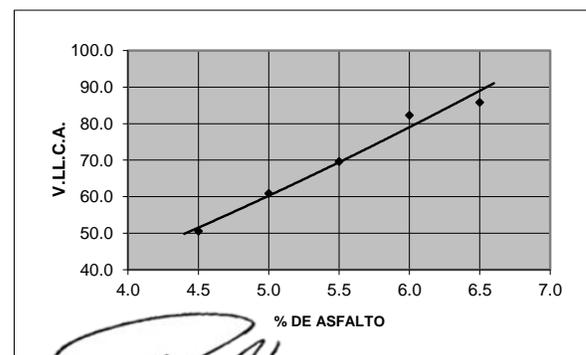
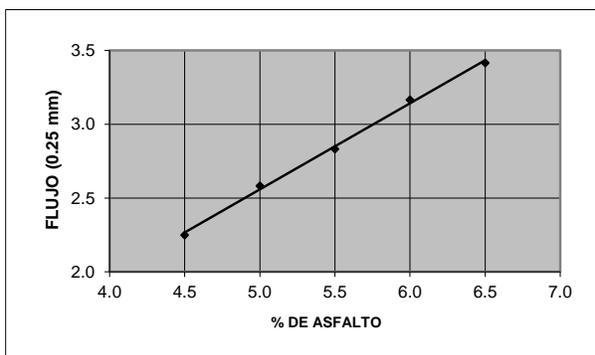
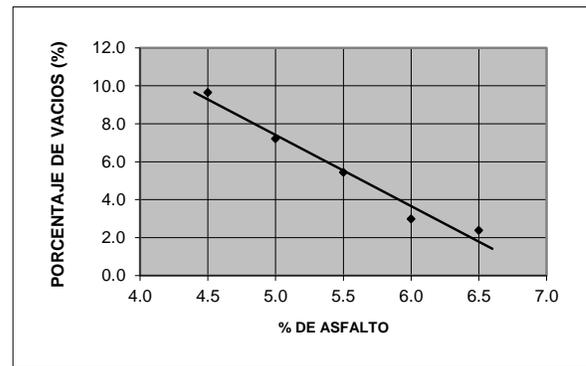
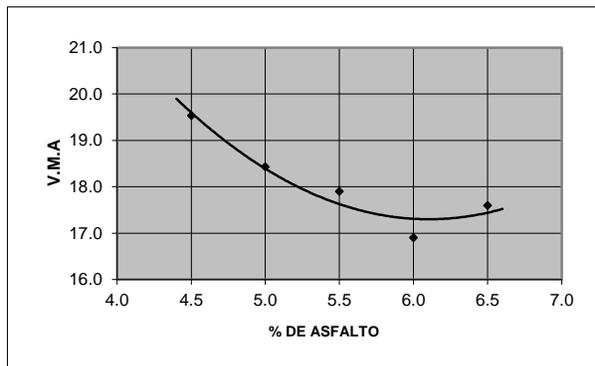
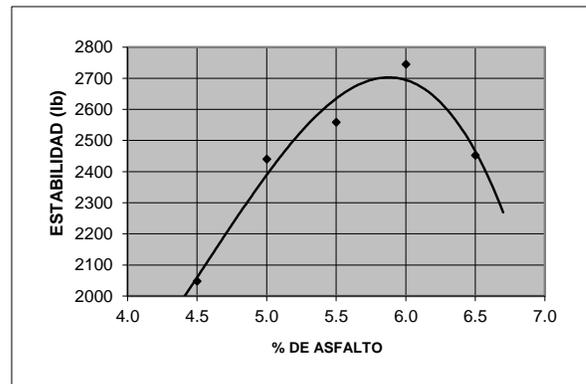
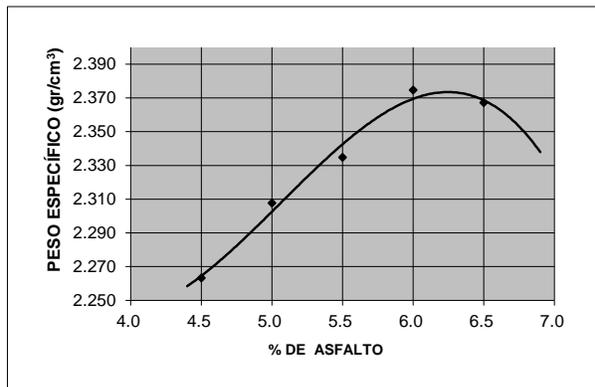
**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022."

**MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/09/30.

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10.

**MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**



DMA (8/45)  
 mepp/jems  
 O.S. N°56



*Edward David Hernandez Vasquez*  
**EDWARD DAVID  
 HERNANDEZ VASQUEZ**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 284782

Lima, 15 de Octubre del 2020.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 0.5%

**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10. **FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/10.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4.5			5.0		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38.20			38.00		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	57.30			57.00		
4 % DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	--			--		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			1.010		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.694			2.694		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.709			2.709		
8	--			--		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	65.5	61.3	63.4	66.4	64.3	64.7
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,213.9	1,213.5	1,213.1	1,221.3	1,219.6	1,220.8
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,217.2	1,216.1	1,216.5	1,222.5	1,222.4	1,223.3
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	679.0	680.2	682.0	692.2	694.6	694.8
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	538.2	535.9	534.5	530.3	527.8	528.5
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	3.3	2.6	3.4	1.2	2.8	2.5
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.61	0.49	0.64	0.23	0.53	0.47
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2249	2258	2263	2296	2304	2303
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.³) (A/(B-C))	2.255	2.264	2.270	2.303	2.311	2.310
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.504			2.486		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	9.9	9.6	9.4	7.4	7.1	7.1
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.³)	2.703			2.703		
21 V.M.A. (%)	20.3	20.0	19.8	19.1	18.8	18.8
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	51.1	52.2	52.7	61.5	62.5	62.3
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.692			2.693		
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	- 0.2			- 0.1		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4.7			5.1		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	9.0	9.0	9.0	10.0	10.0	11.0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	850.0	930.0	940.0	1,050.0	1,000.0	950.0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	884.0	967.0	978.0	1,092.0	1,040.0	988.0



DMA (9/45)  
mepp/jems  
O.S. N°156

*Edward David Hernandez Vasquez*  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284762

Lima, 15 de Octubre del 2020.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 0.5%  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10. **FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/10.

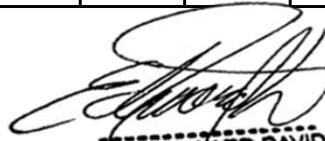
**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

	N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.50			6.00		
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.80			37.60		
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56.70			56.40		
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	--			--		
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			1.010		
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.694			2.694		
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.709			2.709		
8		--			--		
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	64.4	64.1	65.4	64.9	65.6	64.7
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,230.0	1,231.2	1,231.5	1,235.2	1,235.2	1,236.2
11	PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,232.4	1,233.2	1,233.2	1,236.2	1,237.2	1,238.1
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	705.9	706.0	705.3	715.3	716.3	719.0
13	PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	526.5	527.2	527.9	520.9	520.9	519.1
14	PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	2.4	2.0	1.7	1.0	2.0	1.9
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.46	0.38	0.32	0.19	0.38	0.37
16	DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2329	2328	2326	2364	2364	2374
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.³) (A/(B-C))	2.336	2.335	2.333	2.371	2.371	2.381
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.468			2.443		
19	PORCENTAJE DE VACÍOS	5.3	5.4	5.5	2.9	2.9	2.5
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.³)	2.703			2.703		
21	V.M.A.	18.3	18.4	18.4	17.5	17.5	17.2
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	70.8	70.8	70.2	83.2	83.2	85.3
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.694			2.686		
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	- 0.1			- 0.2		
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	5.6			6.2		
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	11.0	11.0	12.0	12.0	13.0	13.0
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1,145.0	1,100.0	1,110.0	1,220.0	1,140.0	1,200.0
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1,191.0	1,144.0	1,154.0	1,269.0	1,186.0	1,248.0



DMA (10/45)  
mepp/jems  
O.S. N°56

Lima, 15 de Octubre del 2020.

  
EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284782

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 0.5%  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10. **FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/10.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

	N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1	% DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.50					
2	% DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.40					
3	% DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	56.10					
4	% DE FILLER (MÍNIMO 65% PASA N° 200) EN PESO DE LA MEZCLA	--					
5	PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010					
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.694					
7	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.709					
8		--					
9	ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	65.3	64.9	65.7			
10	PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,235.9	1,235.1	1,236.2			
11	PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,237.2	1,236.2	1,237.8			
12	PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	714.0	715.0	716.2			
13	PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	523.2	521.2	521.6			
14	PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	1.3	1.1	1.6			
15	PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.25	0.21	0.31			
16	DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2355	2363	2363			
17	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.³) (A/(B-C))	2.362	2.370	2.370			
18	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.425					
19	PORCENTAJE DE VACÍOS	2.6	2.3	2.3			
20	PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.³)	2.703					
21	V.M.A.	18.3	18.0	18.0			
22	PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	85.8	87.3	87.4			
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.687					
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	- 0.2					
25	PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	6.7					
26	FLUJO (0.01 Pulgada)	13.0	14.0	14.0			
27	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1,075.0	1,065.0	1,100.0			
28	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04			
29	ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1,118.0	1,108.0	1,144.0			



DMA (1/45)  
mepp/jems  
O.S. N°156

*Edward David Hernandez Vasquez*  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284762

Lima, 15 de Octubre del 2020.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 0.5%  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10. **FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/10.

**MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

**Características de la Mezcla :**

- N° de golpes por cara	:		75	
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5.8	6.0	6.2
- Peso Especifico bulk, g/cm <sup>3</sup>	:	2.360	2.370	2.374
- Vacios, %	:	4.2	3.5	3.0
- Vacios llenos con Cemento Asfáltico, %	:	77.0	80.0	83.0
- V.M.A., %	:	17.9	17.8	17.7
- Estabilidad, lb (kN)	:	2680.0 (11.92)	2710.0 (12.05)	2700.0 (12.01)
- Flujo, 0.01" (0.25 mm)	:	11.9 (3.0)	12.8 (3.2)	13.1 (3.3)
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm	:		3849.4	
- Absorción de Asfalto, %	:		0.0	
- Temperatura de la Mezcla, °C	:		145.0	

**Proporciones de mezcla :**

(1) Agregado grueso, % *	:	40.0
(2) Agregado fino, % *	:	60.0

**Materiales :**

- Tipo de Asfalto	:	PEN 60-70 (proporcionado por el solicitante).
- Agregado grueso	:	Cantera Carabayllo - Grava 1/2" (40%)
- Agregado fino	:	Cantera Carabayllo - Arena Chancada 1 (59%)
- Adición	:	Nanoarcilla 0.5% (porcentaje en peso de los Agregados) Nanocarbonato de Calcio 0.5% (porcentaje en peso de los Agregados)

**Nota :**

(\*) Porcentaje en peso de la mezcla total.

**Observaciones :**

- Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2013), aprobado con R.D. N° 03-2013-MTC/14 de 06/2013.
- Agregados, PEN 60-70, proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 2022/09/15.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



DMA (12/45)  
mepp/jems  
O.S. N°56

  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284762

Lima, 15 de Octubre del 2020.

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco

**MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.

**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022."

Nanoarcilla 0.5%

Nanocarbonato de Calcio 0.5%

**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.

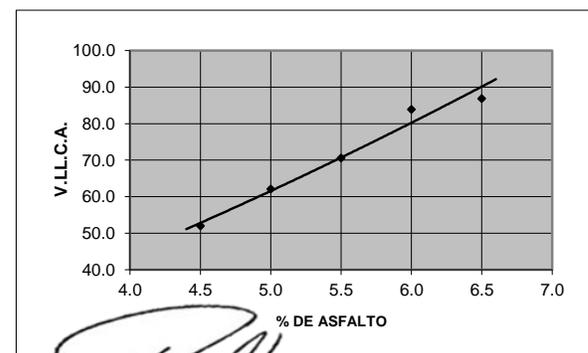
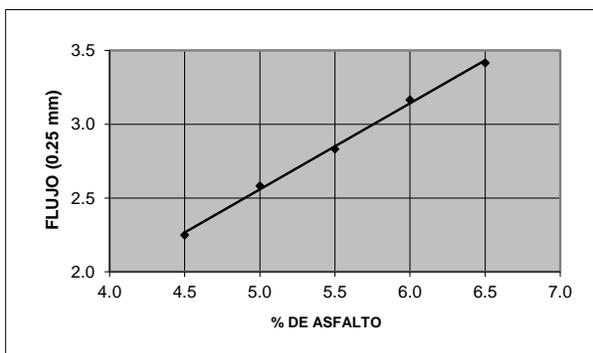
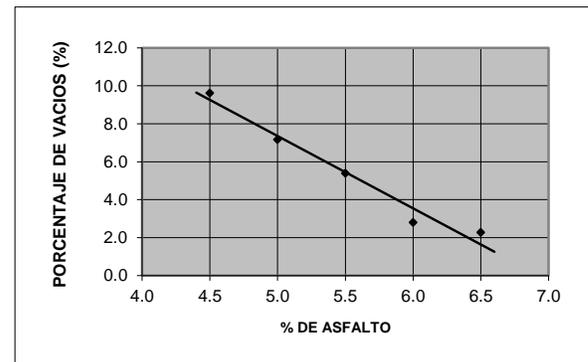
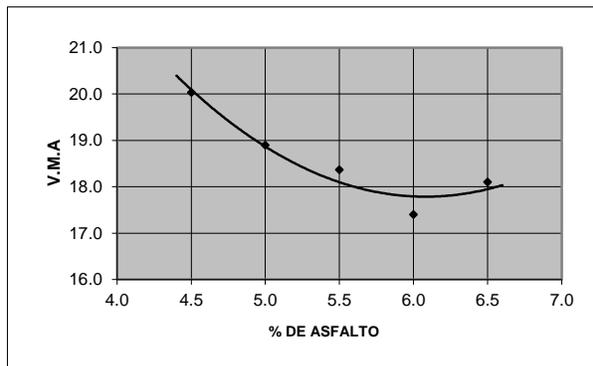
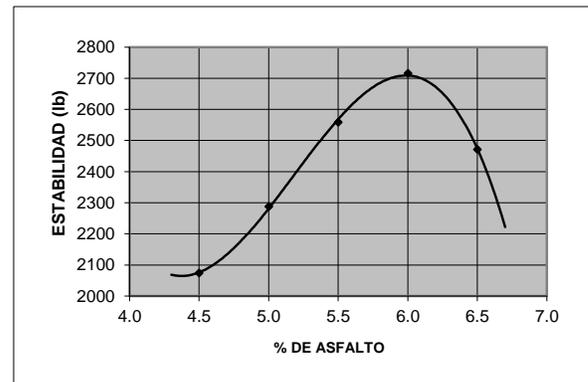
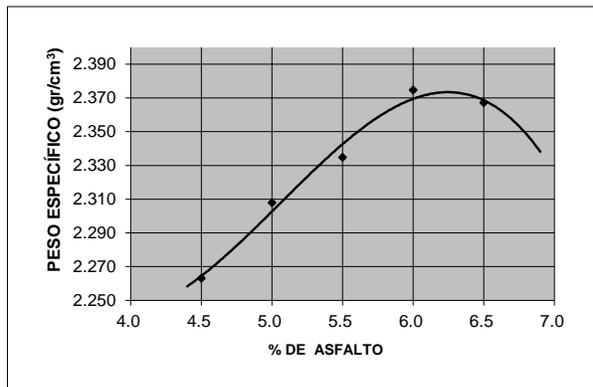
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.

**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10.

**FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/10.

**MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**



DMA (13/45)  
mepp/jems  
O.S. N°56

*Edward David Hernandez Vasquez*  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 264762

Lima, 15 de Octubre del 2020.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 1.5%

**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10. **FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/10.

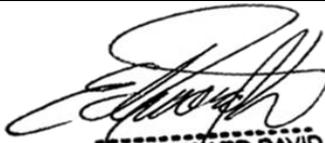
**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4.5			5.0		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38.20			38.00		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	55.39			55.10		
4 % DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	1.91			1.90		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			1.010		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.694			2.694		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.709			2.709		
8	--			--		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	67.8	62.6	64.5	65.6	65.5	65.1
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,206.7	1,206.6	1,210.5	1,220.6	1,212.0	1,216.3
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,207.7	1,207.4	1,211.0	1,221.3	1,212.5	1,216.7
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	701.5	701.2	701.6	711.0	707.0	710.0
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	506.2	506.2	509.4	510.3	505.5	506.7
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	1.0	0.8	0.5	0.7	0.5	0.4
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.20	0.16	0.10	0.14	0.10	0.08
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2377	2376	2369	2385	2390	2393
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.³) (A/(B-C))	2.384	2.384	2.376	2.392	2.398	2.400
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.543			2.523		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	6.3	6.3	6.6	5.2	5.0	4.9
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.³)	2.703			2.703		
21 V.M.A. (%)	15.8	15.8	16.0	15.9	15.7	15.6
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	60.4	60.3	59.1	67.3	68.3	68.8
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.739			2.739		
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.5			0.5		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4.0			4.5		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	10.0	10.0	9.0	11.0	10.0	11.0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	920.0	950.0	935.0	1,070.0	1,030.0	1,025.0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	957.0	988.0	972.0	1,113.0	1,071.0	1,066.0

277



DMA (14/45)  
mepp/jems  
O.S. N°156

  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 264762

Lima, 15 de Octubre del 2020.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

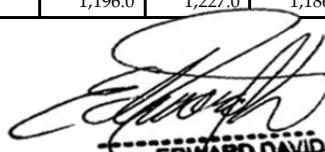
**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 1.5%  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10. **FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/10.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.50			6.00		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.80			37.60		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	54.81			54.52		
4 % DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	1.89			1.88		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			1.010		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.694			2.694		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.709			2.709		
8	--			--		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	67.8	62.6	64.5	65.6	65.5	65.1
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,205.1	1,211.2	1,218.8	1,210.6	1,213.0	1,220.4
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,205.7	1,211.9	1,219.4	1,211.1	1,213.5	1,220.9
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	705.0	708.0	712.0	709.0	709.2	715.0
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	500.7	503.9	507.4	502.1	504.3	505.9
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	0.6	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.12	0.14	0.12	0.10	0.10	0.10
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2400	2396	2395	2404	2398	2405
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.³) (A/(B-C))	2.407	2.404	2.402	2.411	2.405	2.412
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.503			2.484		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	3.8	4.0	4.0	2.9	3.2	2.9
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.³)	2.703			2.703		
21 V.M.A.	15.9	16.0	16.0	16.2	16.4	16.1
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	75.8	75.2	74.8	81.9	80.7	82.0
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.739			2.739		
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.5			0.5		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	5.0			5.5		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	11.0	12.0	12.0	12.0	14.0	13.0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1,150.0	1,180.0	1,140.0	1,282.0	1,200.0	1,250.0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1,196.0	1,227.0	1,186.0	1,333.0	1,248.0	1,300.0



DMA (15/45)  
mepp/jems  
O.S. N°56

  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 264762  
Lima, 15 de Octubre del 2020.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 1.5%  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10. **FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/10.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.50					
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.40					
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	54.23					
4 % DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	1.87					
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010					
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.694					
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.709					
8	--					
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	64.1	65.1	65.0			
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,218.4	1,212.1	1,219.0			
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,218.9	1,212.5	1,219.4			
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	712.0	708.0	711.5			
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	506.9	504.5	507.9			
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	0.5	0.4	0.4			
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.10	0.08	0.08			
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2396	2395	2393			
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2.404	2.403	2.400			
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.465					
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	2.5	2.5	2.6			
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2.703					
21 V.M.A.	16.9	16.9	17.0			
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	85.3	85.0	84.5			
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.739					
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.5					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	6.0					
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	13.0	15.0	14.0			
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1,140.0	1,125.0	1,150.0			
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04			
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1,186.0	1,170.0	1,196.0			



DMA (16/45)  
mepp/jems  
O.S. N°156

*Edward David*  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 264762

Lima, 15 de Octubre del 2020.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 1.5%  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10. **FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/10.

**MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

**Características de la Mezcla :**

- N° de golpes por cara	:		75	
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5.6	5.8	6.0
- Peso Especifico bulk, g/cm <sup>3</sup>	:	2.407	2.409	2.408
- Vacios, %	:	3.8	3.4	3.2
- Vacios llenos con Cemento Asfáltico, %	:	74.0	77.0	80.0
- V.M.A., %	:	15.9	16.2	16.3
- Estabilidad, lb (kN)	:	2710.0 (12.05)	2800.0 (12.45)	2820.0 (12.54)
- Flujo, 0.01" (0.25 mm)	:	12.1 (3.0)	12.8 (3.2)	13.0 (3.3)
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm	:		3977.3	
- Absorción de Asfalto, %	:		0.5	
- Temperatura de la Mezcla, °C	:		145.0	

**Proporciones de mezcla :**

(1) Agregado grueso, % *	:	40.0
(2) Agregado fino, % *	:	60.0

**Materiales :**

- Tipo de Asfalto	:	PEN 60-70 (proporcionado por el solicitante).
- Agregado grueso	:	Cantera Carabayllo - Grava 1/2" (40%)
- Agregado fino	:	Cantera Carabayllo - Arena Chancada 1 (58%)
- Adición	:	Nanoarcilla 1.5% (porcentaje en peso de los Agregados) Nanocarbonato de Calcio 0.5% (porcentaje en peso de los Agregados)

**Nota :**

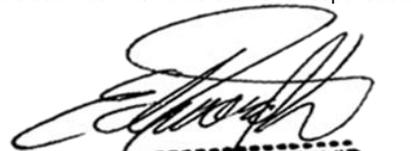
(\*) Porcentaje en peso de la mezcla total.

**Observaciones :**

- Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2013), aprobado con R.D. N° 03-2013-MTC/14 de 06/2013.
- Agregados, PEN 60-70, proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 2022/09/15.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



DMA (17/45)  
mepp/jems  
O.S. N°156

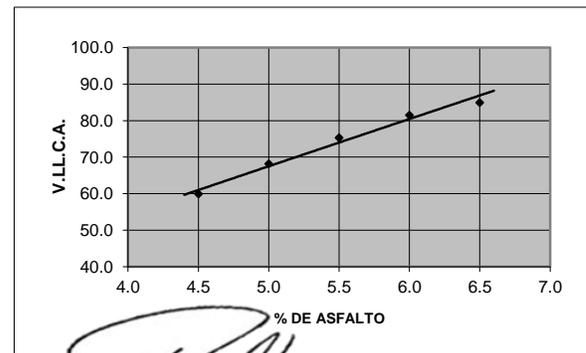
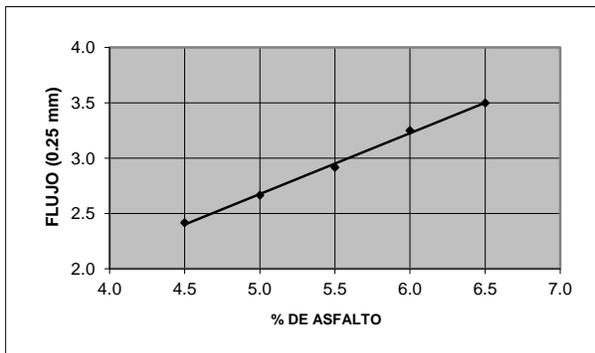
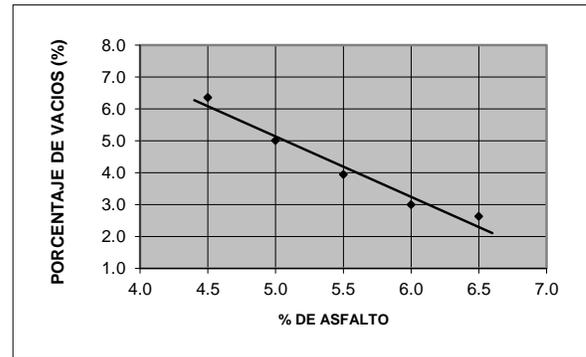
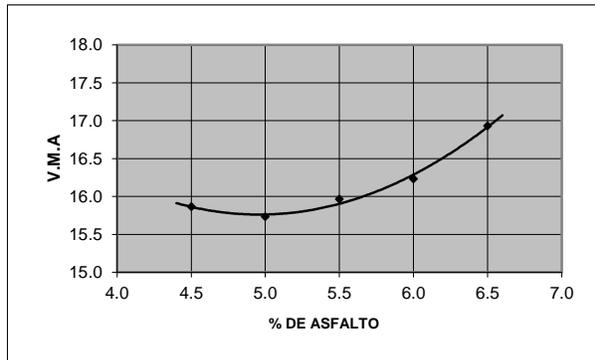
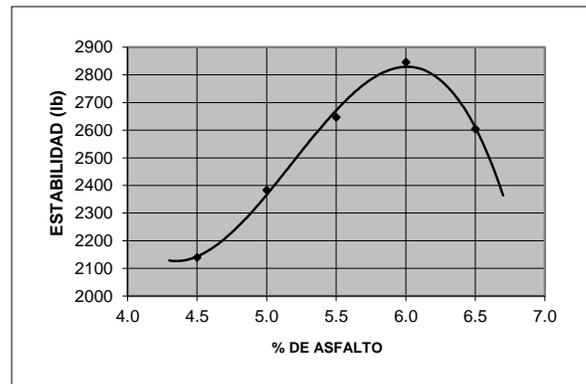
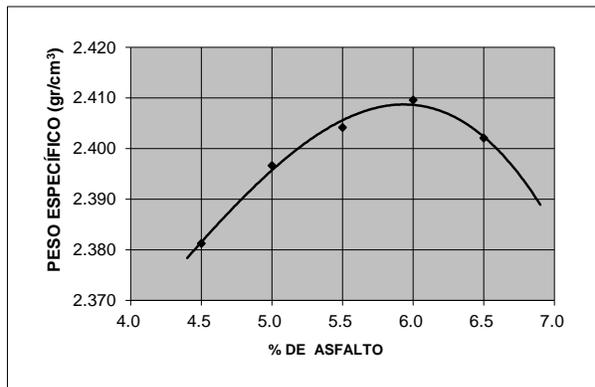
  
EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284762

Lima, 15 de Octubre del 2020.

INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04

<b>SOLICITANTE</b>	: Yasmin Catherine Quispe Pacheco	<b>MUESTRA</b>	: Agregados, Pen 60-70. Nanoarcilla 1.5%
<b>PROYECTO</b>	: Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022."	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: La que se indica.
		<b>CANTIDAD</b>	: 100 kg, 01 gl.
		<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos y envase metálico.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2022/09/10.	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 2022/09/10 al 2022/10/10.

**MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**



DMA (18/45)  
mepp/jems  
O.S. N°156

*Edward David Hernandez Vasquez*  
EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284782

Lima, 15 de Octubre del 2020.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 2.5%  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10. **FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/10.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4.5			5.0		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38.20			38.00		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	54.43			54.15		
4 % DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	2.87			2.85		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			1.010		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.694			2.694		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.709			2.709		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	--			--		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	66.0	64.0	64.9	65.2	65.7	66.2
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,206.9	1,207.1	1,211.3	1,220.9	1,212.9	1,217.2
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,207.9	1,208.2	1,212.4	1,221.6	1,213.7	1,218.1
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	701.9	701.8	702.0	712.0	708.1	711.0
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	506.0	506.4	510.4	509.6	505.6	507.1
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	1.0	1.1	1.1	0.7	0.8	0.9
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.20	0.22	0.22	0.14	0.16	0.18
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2378	2377	2366	2389	2392	2393
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.³) (A/(B-C))	2.385	2.384	2.373	2.396	2.399	2.400
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.541			2.520		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	6.1	6.2	6.6	4.9	4.8	4.8
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.³)	2.703			2.703		
21 V.M.A. (%)	15.7	15.8	16.2	15.8	15.7	15.6
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	61.0	60.8	59.3	68.8	69.4	69.6
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.736			2.735		
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.5			0.4		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4.1			4.6		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	10.5	11.0	10.5	11.0	11.0	11.5
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	935.0	960.0	945.0	1,075.0	1,050.0	1,040.0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	972.0	998.0	983.0	1,118.0	1,092.0	1,082.0

277



DMA (19/45)  
mepp/jems  
O.S. N°156

  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284762

Lima, 15 de Octubre del 2022.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**  
**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

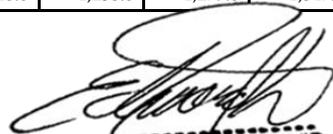
**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 2.5%  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10. **FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/10.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.50			6.00		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.80			37.60		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	53.86			53.58		
4 % DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	2.84			2.82		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			1.010		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.694			2.694		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.709			2.709		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	--			--		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	67.7	62.5	63.9	64.2	64.8	64.3
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,206.3	1,212.4	1,219.2	1,211.4	1,214.3	1,221.1
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,207.1	1,213.2	1,220.0	1,212.0	1,215.0	1,221.7
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	704.6	707.3	711.2	710.0	709.8	715.8
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	502.5	505.9	508.8	502.0	505.2	505.9
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	0.8	0.8	0.8	0.6	0.7	0.6
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.16	0.16	0.16	0.12	0.14	0.12
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2393	2389	2389	2406	2396	2406
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2.401	2.397	2.396	2.413	2.404	2.414
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.501			2.483		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	4.0	4.2	4.2	2.8	3.2	2.8
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2.703			2.703		
21 V.M.A.	16.1	16.2	16.2	16.1	16.4	16.1
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	75.1	74.2	74.1	82.5	80.5	82.7
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.736			2.738		
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.5			0.5		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	5.1			5.6		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	12.0	12.0	12.5	13.0	13.5	13.5
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1,200.0	1,210.0	1,230.0	1,295.0	1,240.0	1,250.0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1,248.0	1,258.0	1,279.0	1,347.0	1,290.0	1,300.0



DMA (20/45)  
mepp/jems  
O.S. N°56

  
**EDWARD DAVID**  
**HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 264762

Lima, 15 de Octubre del 2022.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmín Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanocarcilla 2.5%  
Nanocarbonato de Calcio 0.5%

**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10. **FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/10.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.50					
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.40					
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	53.29					
4 % DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	2.81					
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010					
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.694					
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.709					
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	--					
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	65.2	65.8	64.6			
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,219.0	1,213.2	1,220.3			
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,219.5	1,213.6	1,220.8			
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	713.0	709.1	712.2			
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	506.5	504.5	508.6			
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	0.5	0.4	0.5			
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.10	0.08	0.10			
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2399	2398	2392			
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.³) (A/(B-C))	2.407	2.405	2.399			
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.462					
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	2.3	2.3	2.6			
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.³)	2.703					
21 V.M.A.	16.7	16.8	17.0			
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	86.5	86.1	85.0			
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.735					
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.4					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	6.1					
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	15.0	14.5	15.0			
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1,120.0	1,260.0	1,250.0			
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04			
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1,165.0	1,310.0	1,300.0			



DMA (2145)  
mepp/jems  
O.S. N°156

*Edward David*  
EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ  
Ingeniero Civil  
CIP N° 264762

Lima, 15 de Octubre del 2022.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

<b>SOLICITANTE</b>	: Yasmin Catherine Quispe Pacheco	<b>MUESTRA</b>	: Agregados, Pen 60-70. Nanoarcilla 2.5% Nanocarbonato de Calcio 0.5%
<b>PROYECTO</b>	: Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022."	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: La que se indica.
		<b>CANTIDAD</b>	: 100 kg, 01 gl.
		<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos y envase metálico.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2022/09/10.	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 2022/09/10 al 2022/10/10.

**MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

**Características de la Mezcla :**

- N° de golpes por cara	:		75	
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5.7	5.9	6.1
- Peso Específico bulk, g/cm <sup>3</sup>	:	2.404	2.407	2.408
- Vacíos, %	:	3.9	3.6	3.0
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	73.0	78.0	81.0
- V.M.A., %	:	16.1	16.3	16.4
- Estabilidad, lb (kN)	:	2820.0 (12.54)	2890.0 (12.86)	2910.0 (12.94)
- Flujo, 0.01" (0.25 mm)	:	12.9 (3.2)	13.5 (3.4)	13.8 (3.5)
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm	:		3863.6	
- Absorción de Asfalto, %	:		0.5	
- Temperatura de la Mezcla, °C	:		145.0	

**Proporciones de mezcla :**

(1) Agregado grueso, % *	:	40.0
(2) Agregado fino, % *	:	60.0

**Materiales :**

- Tipo de Asfalto	:	PEN 60-70 (proporcionado por el solicitante).
- Agregado grueso	:	Cantera Carabaylo - Grava 1/2" (40%)
- Agregado fino	:	Cantera Carabaylo - Arena Chancada 1 (57%)
- Adición	:	Nanoarcilla 2.5% (porcentaje en peso de los Agregados) Nanocarbonato de Calcio 0.5% (porcentaje en peso de los Agregados)

**Nota :**

(\*) Porcentaje en peso de la mezcla total.

**Observaciones :**

- Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2013), aprobado con R.D. N° 03-2013-MTC/14 de 06/2013.
- Agregados, PEN 60-70, proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 2022/09/15.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



DMA (22/45)  
mepp/jems  
O.S. N°156



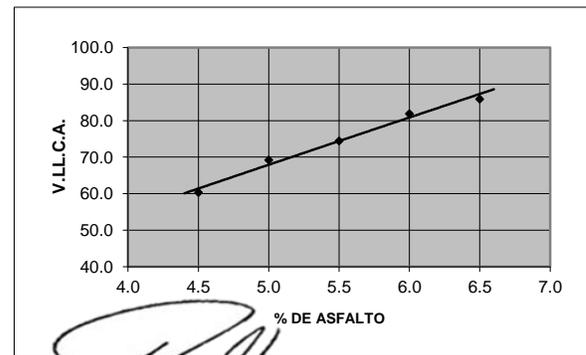
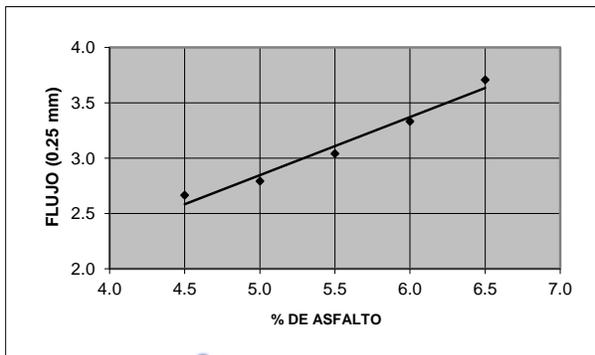
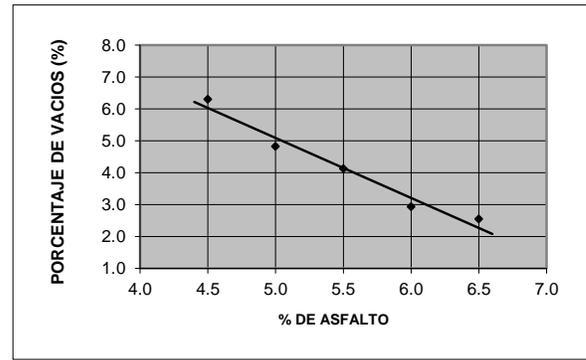
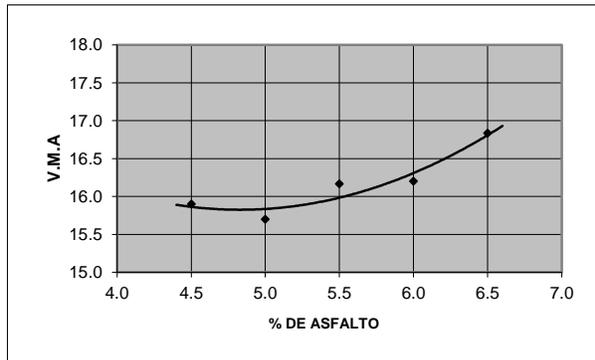
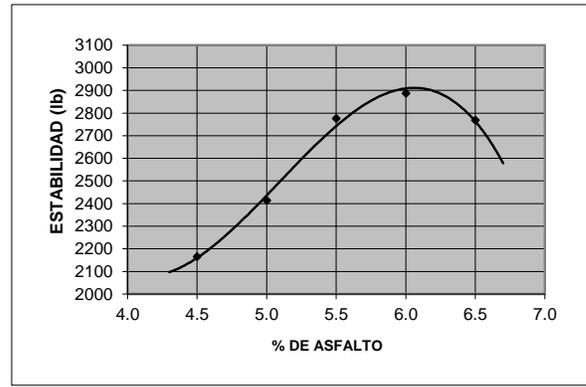
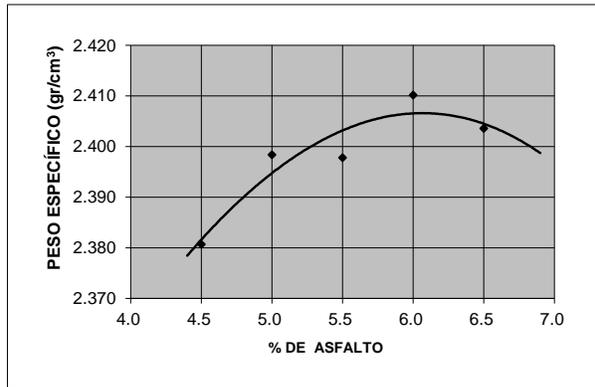
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284762

Lima, 15 de Octubre del 2022.

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

<b>SOLICITANTE</b>	: Yasmín Catherine Quispe Pacheco	<b>MUESTRA</b>	: Agregados, Pen 60-70. Nanoarcilla 2.5%
<b>PROYECTO</b>	: Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022."	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: La que se indica.
		<b>CANTIDAD</b>	: 100 kg, 01 gl.
		<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos y envase metálico.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2022/09/10.	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 2022/09/10 al 2022/10/10.

**MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**



DMA (23/45)  
mepp/jems  
O.S. N°56

*(Firma manuscrita)*  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284762

Lima, 15 de Octubre del 2022.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 3.5%

**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10. **FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/15.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4.5			5.0		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38.20			38.00		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	53.48			53.20		
4 % DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	3.82			3.80		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			1.010		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.694			2.694		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.709			2.709		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	--			--		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	64.9	65.0	65.2	65.7	65.9	66.1
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,205.2	1,204.3	1,208.7	1,219.3	1,211.4	1,216.7
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,206.4	1,205.9	1,210.1	1,220.3	1,212.4	1,217.8
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	700.8	700.2	701.4	710.4	706.3	708.4
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	505.6	505.7	508.7	509.9	506.1	509.4
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	1.2	1.6	1.4	1.0	1.0	1.1
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.24	0.32	0.28	0.20	0.20	0.22
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2377	2374	2369	2384	2386	2381
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.³) (A/(B-C))	2.384	2.381	2.376	2.391	2.394	2.388
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.548			2.527		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	6.5	6.5	6.8	5.4	5.3	5.5
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.³)	2.703			2.703		
21 V.M.A. (%)	15.8	15.9	16.1	16.0	15.9	16.1
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	59.2	58.9	58.1	66.4	66.8	66.0
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.745			2.744		
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.6			0.6		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4.0			4.5		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	10.0	10.0	9.5	10.0	11.0	11.0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	985.0	990.0	965.0	1,100.0	1,150.0	1,120.0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1,024.0	1,030.0	1,004.0	1,144.0	1,196.0	1,165.0

277



DMA (24/45)  
mepp/jems  
O.S. N°156

  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284762

Lima, 17 de Octubre del 2022.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 3.5%

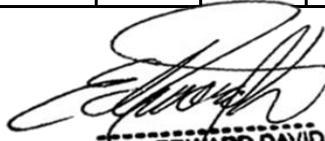
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10. **FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/15.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.50			6.00		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.80			37.60		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	52.92			52.64		
4 % DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	3.78			3.76		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			1.010		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.694			2.694		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.709			2.709		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	--			--		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	66.8	66.1	65.2	65.9	64.3	63.9
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,205.1	1,210.3	1,217.4	1,210.0	1,212.4	1,211.0
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,205.9	1,211.2	1,218.3	1,210.7	1,213.1	1,211.6
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	702.5	705.3	710.4	708.2	707.4	713.2
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	503.4	505.9	507.9	502.5	505.7	498.4
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	0.8	0.9	0.9	0.7	0.7	0.6
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.16	0.18	0.18	0.14	0.14	0.12
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2387	2385	2390	2401	2390	2422
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.³) (A/(B-C))	2.394	2.392	2.397	2.408	2.397	2.430
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.508			2.485		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	4.6	4.6	4.4	3.1	3.5	2.2
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.³)	2.703			2.703		
21 V.M.A.	16.3	16.4	16.2	16.3	16.6	15.5
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	72.1	71.9	72.7	81.0	78.8	85.7
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.745			2.740		
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.6			0.5		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	5.0			5.5		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	12.0	12.0	12.0	12.5	13.0	13.0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1,250.0	1,300.0	1,290.0	1,345.0	1,330.0	1,345.0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1,300.0	1,352.0	1,342.0	1,399.0	1,383.0	1,399.0



DMA (25/45)  
mepp/jems  
O.S. N°56

  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 264762

Lima, 17 de Octubre del 2022.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**
**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 3.5%  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10. **FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/15.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.50					
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.40					
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	52.36					
4 % DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	3.74					
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010					
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.694					
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.709					
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	--					
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	65.7	66.7	64.9			
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,217.2	1,211.2	1,218.6			
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,217.7	1,211.6	1,219.0			
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	711.0	707.2	710.8			
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	506.7	504.4	508.2			
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	0.5	0.4	0.4			
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.10	0.08	0.08			
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2395	2394	2391			
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2.402	2.401	2.398			
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.467					
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	2.6	2.7	2.8			
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2.703					
21 V.M.A.	16.9	16.9	17.1			
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	84.4	84.3	83.6			
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.742					
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.5					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	6.0					
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	14.0	14.5	14.5			
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1,190.0	1,210.0	1,225.0			
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04			
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1,238.0	1,258.0	1,274.0			



DMA (26/45)  
mepp/jems  
O.S. N°156

*Edward David Hernandez Vasquez*  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284762

Lima, 17 de Octubre del 2022.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco

**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022."

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10.

**MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 3.5%  
Nanocarbonato de Calcio 0.5%

**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.

**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.

**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.

**FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/15.

**MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

**Características de la Mezcla :**

- N° de golpes por cara	:		75	
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5.8	6.0	6.2
- Peso Específico bulk, g/cm <sup>3</sup>	:	2.407	2.408	2.409
- Vacíos, %	:	3.9	3.4	3.2
- Vacíos llenos con Cemento Asfáltico, %	:	77.0	79.0	82.0
- V.M.A., %	:	16.2	16.4	16.5
- Estabilidad, lb (kN)	:	3040.0 (13.52)	3070.0 (13.66)	3060.0 (13.61)
- Flujo, 0.01" (0.25 mm)	:	12.7 (3.2)	13.8 (3.5)	13.5 (3.4)
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm	:		3987.0	
- Absorción de Asfalto, %	:		0.6	
- Temperatura de la Mezcla, °C	:		145.0	

**Proporciones de mezcla :**

(1) Agregado grueso, % *	:	40.0
(2) Agregado fino, % *	:	60.0

**Materiales :**

- Tipo de Asfalto	:	PEN 60-70 (proporcionado por el solicitante).
- Agregado grueso	:	Cantera Carabayllo - Grava 1/2" (40%)
- Agregado fino	:	Cantera Carabayllo - Arena Chancada 1 (56%)
- Adición	:	Nanoarcilla 3.5% (porcentaje en peso de los Agregados) Nanocarbonato de Calcio 0.5% (porcentaje en peso de los Agregados)

**Nota :**

(\*) Porcentaje en peso de la mezcla total.

**Observaciones :**

- Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2013), aprobado con R.D. N° 03-2013-MTC/14 de 06/2013.
- Agregados, PEN 60-70, proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 2022/09/15.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



DMA (27/45)  
mepp/jems  
O.S. N°56

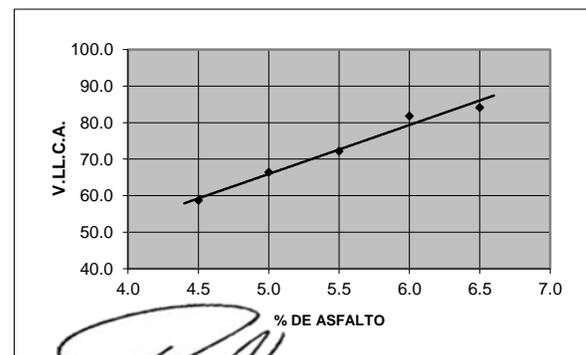
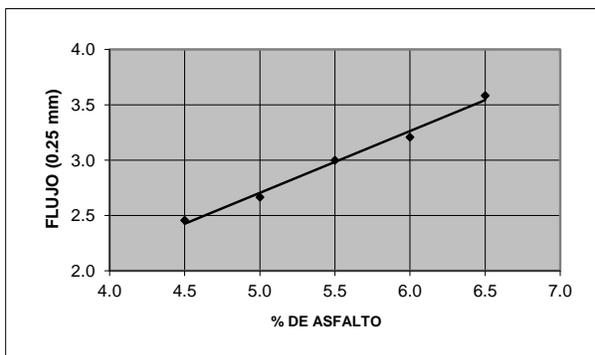
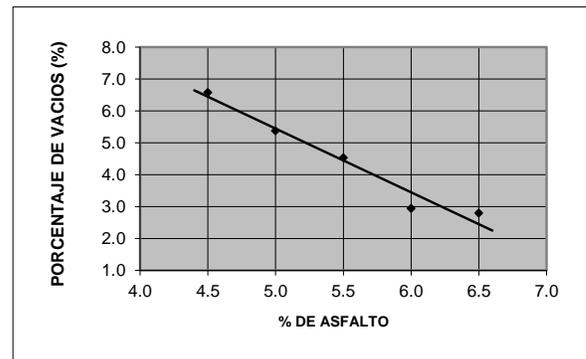
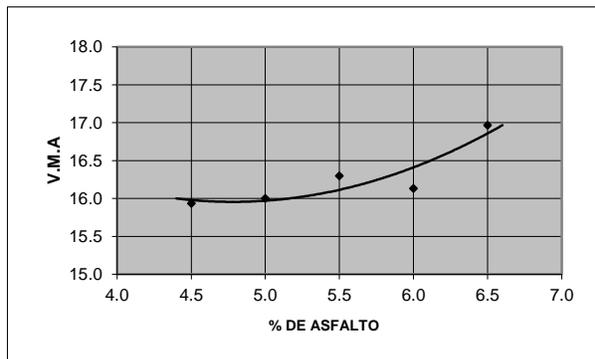
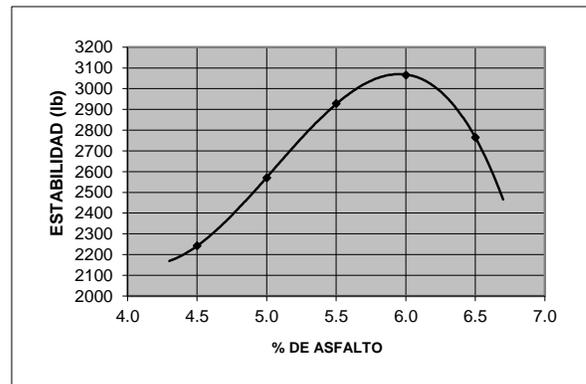
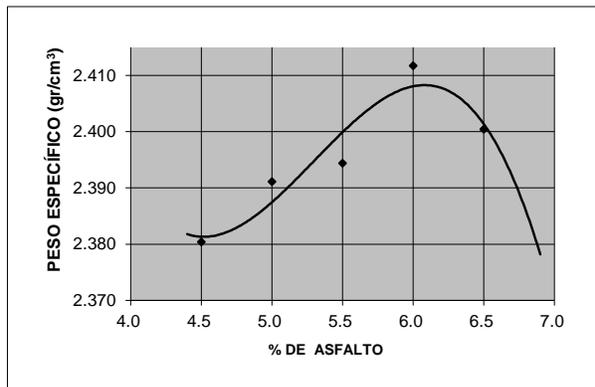
  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 264762

Lima, 17 de Octubre del 2022.

INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04

<b>SOLICITANTE</b>	: Yasmin Catherine Quispe Pacheco	<b>MUESTRA</b>	: Agregados, Pen 60-70. Nanoarcilla 3.5%
<b>PROYECTO</b>	: Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022."	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: La que se indica.
		<b>CANTIDAD</b>	: 100 kg, 01 gl.
		<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos y envase metálico.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2022/09/10.	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 2022/09/10 al 2022/10/15.

**MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**



DMA (28/45)  
mepp/jems  
O.S. N°56

*Edward David Hernández Vasquez*  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284762

Lima, 17 de Octubre del 2022.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 4.5%

**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10. **FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/15.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

N° DE BRIQUETAS	1A	1B	1C	2A	2B	2C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	4.5			5.0		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	38.20			38.00		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	52.52			52.25		
4 % DE RAP EN PESO DE LA MEZCLA	4.78			4.75		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			1.010		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.709			2.709		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.740			2.740		
8 PESO ESPECÍFICO DEL RAP - APARENTE	2.654			2.654		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	64.9	65.0	65.2	65.7	65.9	66.1
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,205.2	1,204.3	1,208.7	1,219.3	1,211.4	1,216.7
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,206.4	1,205.9	1,210.1	1,220.3	1,212.4	1,217.8
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	700.8	700.2	701.4	710.4	706.3	708.4
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	505.6	505.7	508.7	509.9	506.1	509.4
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	1.2	1.6	1.4	1.0	1.0	1.1
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.24	0.32	0.28	0.20	0.20	0.22
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2377	2374	2369	2384	2386	2381
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm.³) (A/(B-C))	2.384	2.381	2.376	2.391	2.394	2.388
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.548			2.527		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS (%)	6.5	6.5	6.8	5.4	5.3	5.5
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm.³)	2.723			2.723		
21 V.M.A. (%)	16.4	16.5	16.7	16.6	16.5	16.7
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A. (%)	60.7	60.4	59.6	67.7	68.0	67.2
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.745			2.744		
24 ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.3			0.3		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO (%)	4.2			4.7		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	10.0	10.0	9.5	10.0	11.0	11.0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	985.0	990.0	965.0	1,100.0	1,150.0	1,120.0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1,024.0	1,030.0	1,004.0	1,144.0	1,196.0	1,165.0



DMA (29/45)  
mepp/jems  
O.S. N°156

  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 264762

Lima, 17 de Octubre del 2022.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD  
INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 4.5%

**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.

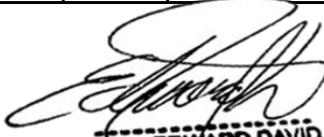
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10. **FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/15.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	5.50			6.00		
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.80			37.60		
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	51.97			51.70		
4 % DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	4.73			4.70		
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010			1.010		
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.709			2.709		
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.740			2.740		
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	2.654			2.654		
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	66.8	66.1	65.2	65.9	64.3	63.9
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,205.1	1,210.3	1,217.4	1,210.0	1,212.4	1,211.0
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,205.9	1,211.2	1,218.3	1,210.7	1,213.1	1,211.6
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	702.5	705.3	710.4	708.2	707.4	713.2
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	503.4	505.9	507.9	502.5	505.7	498.4
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	0.8	0.9	0.9	0.7	0.7	0.6
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.16	0.18	0.18	0.14	0.14	0.12
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2387	2385	2390	2401	2390	2422
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2.394	2.392	2.397	2.408	2.397	2.430
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.508			2.485		
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	4.6	4.6	4.4	3.1	3.5	2.2
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2.723			2.723		
21 V.M.A.	16.9	17.0	16.8	16.9	17.2	16.1
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	73.1	72.9	73.6	81.7	79.5	86.2
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.745			2.740		
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.3			0.2		
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	5.2			5.8		
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	12.0	12.0	12.0	12.5	13.0	13.0
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1,250.0	1,300.0	1,290.0	1,345.0	1,330.0	1,345.0
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1,300.0	1,352.0	1,342.0	1,399.0	1,383.0	1,399.0



DMA (30/45)  
mepp/jems  
O.S. N°56

  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284762

Lima, 17 de Octubre del 2022.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 4.5%  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10. **FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/15.

**ASTM D-6927 (2004) ENSAYO PARA MEDIR LA RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

N° DE BRIQUETAS	3A	3B	3C	4A	4B	4C
1 % DE C.A. EN PESO DE LA MEZCLA TOTAL	6.50					
2 % DE AGREGADO GRUESO (> N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	37.40					
3 % DE AGREGADO FINO (< N° 4) EN PESO DE LA MEZCLA	51.42					
4 % DE FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	4.68					
5 PESO ESPECÍFICO DEL CEMENTO ASFÁLTICO - APARENTE	1.010					
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO-BULK (MENOR 1")	2.709					
7 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO FINO - BULK	2.740					
8 PESO ESPECÍFICO DEL FILLER - APARENTE	2.654					
9 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	65.7	66.7	64.9			
10 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE (gr.) (A)	1,217.2	1,211.2	1,218.6			
11 PESO DE LA BRIQUETA SAT. SUP. SECO EN EL AIRE (gr.) (B)	1,217.7	1,211.6	1,219.0			
12 PESO DE LA BRIQUETA EN EL AGUA (gr.) (C)	711.0	707.2	710.8			
13 PESO VOL. AGUA / VOL. BRIQUETA (gr.) (B-C)	506.7	504.4	508.2			
14 PESO DE AGUA ABSORVIDA (gr.) (B-A)	0.5	0.4	0.4			
15 PORCENTAJE DE ABSORCIÓN (%) ((B-A)/(B-C))*100	0.10	0.08	0.08			
16 DENSIDAD DE LA BRIQUETA A 25° C (kg/m³)	2395	2394	2391			
17 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr./cm³) (A/(B-C))	2.402	2.401	2.398			
18 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D 2041	2.467					
19 PORCENTAJE DE VACÍOS	2.6	2.7	2.8			
20 PESO ESPECÍFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (gr./cm³)	2.723					
21 V.M.A.	17.5	17.5	17.7			
22 PORCENTAJE DE VACÍOS LLENADOS CON C. A.	85.0	84.8	84.2			
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.742					
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL (%)	0.3					
25 PORCENTAJE DE ASFALTO EFECTIVO	6.3					
26 FLUJO (0.01 Pulgada)	14.0	14.5	14.5			
27 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (kg)	1,190.0	1,210.0	1,225.0			
28 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04			
29 ESTABILIDAD CORREGIDA (kg)	1,238.0	1,258.0	1,274.0			



DMA (3145)  
mepp/jems  
O.S. N°156

*Edward David Hernandez Vasquez*  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 264762

Lima, 17 de Octubre del 2022.

**LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD**

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco

**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022."

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/09/10.

**MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 4.5%  
Nanocarbonato de Calcio 0.5%

**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.

**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.

**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.

**FECHA DE ENSAYO** : 2022/09/10 al 2022/10/15.

**MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**

**Características de la Mezcla :**

- N° de golpes por cara	:		75	
- Contenido Óptimo de Cemento Asfáltico, % *	:	5.8	6.0	6.2
- Peso Especifico bulk, g/cm <sup>3</sup>	:	2.403	2.408	2.404
- Vacios, %	:	3.9	3.4	3.0
- Vacios llenos con Cemento Asfáltico, %	:	77.0	80.0	82.0
- V.M.A., %	:	17.0	17.2	17.3
- Estabilidad, lb (kN)	:	3020.0 (13.43)	3080.0 (13.7)	3010.0 (13.39)
- Flujo, 0.01" (0.25 mm)	:	12.7 (3.2)	13.1 (3.3)	13.5 (3.4)
- Relación Estabilidad/Flujo, kg/cm	:		4242.4	
- Absorción de Asfalto, %	:		0.2	
- Temperatura de la Mezcla, °C	:		145.0	

**Proporciones de mezcla :**

(1) Agregado grueso, % *	:	35.0
(2) Agregado fino, % *	:	60.0

**Materiales :**

- Tipo de Asfalto	:	PEN 60-70 (proporcionado por el solicitante).
- Agregado grueso	:	Cantera Carabayllo - Grava 1/2" (40%)
- Agregado fino	:	Cantera Carabayllo - Arena Chancada 1 (55%)
- Adición	:	Nanoarcilla 4.5% (porcentaje en peso de los Agregados) Nanocarbonato de Calcio 0.5% (porcentaje en peso de los Agregados)

**Nota :**

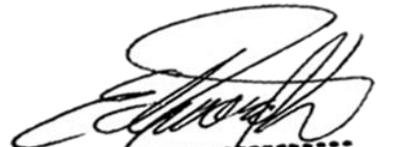
(\*) Porcentaje en peso de la mezcla total.

**Observaciones :**

- Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (EM-2013), aprobado con R.D. N° 03-2013-MTC/14 de 06/2013.
- Agregados, PEN 60-70, proporcionados e identificados por el solicitante.
- Fecha de orden de ensayo: 2022/09/15.
- Este documento no autoriza el empleo de los materiales analizados; siendo la interpretación del mismo de exclusiva responsabilidad del usuario.



DMA (32/45)  
mepp/jems  
O.S. N°56



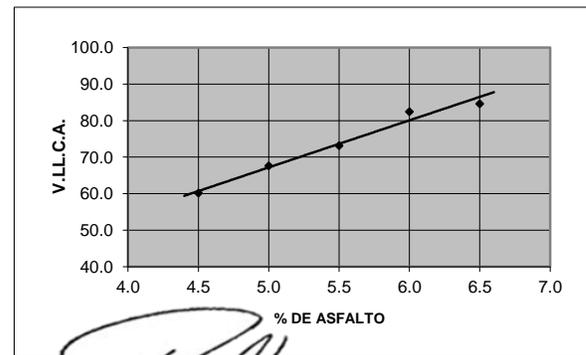
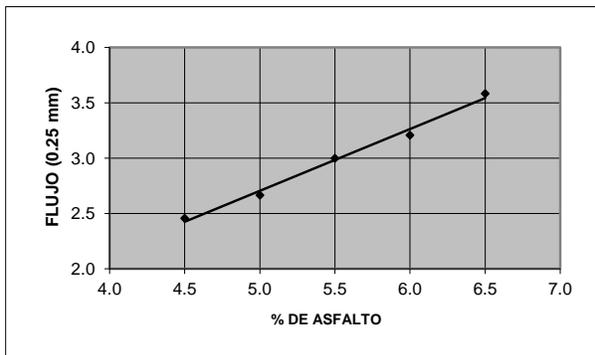
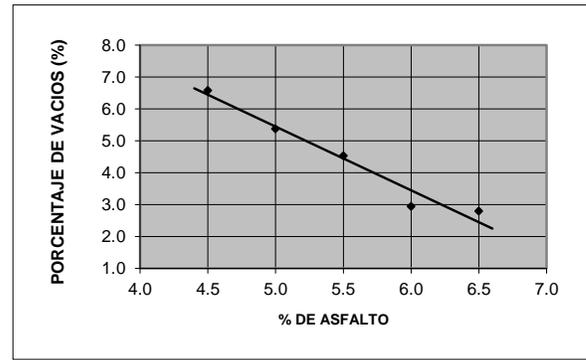
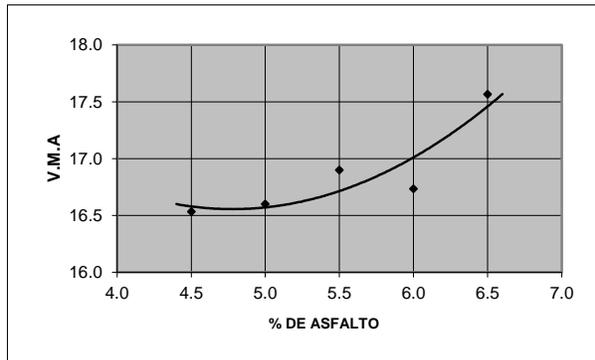
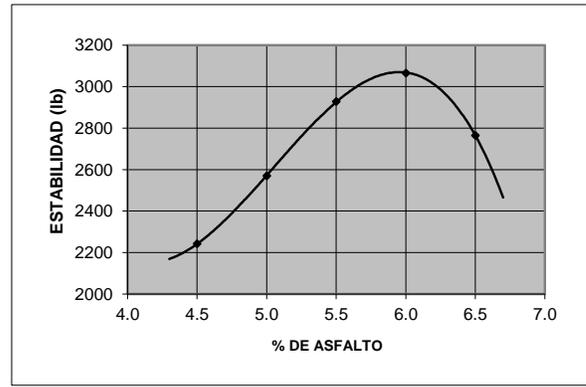
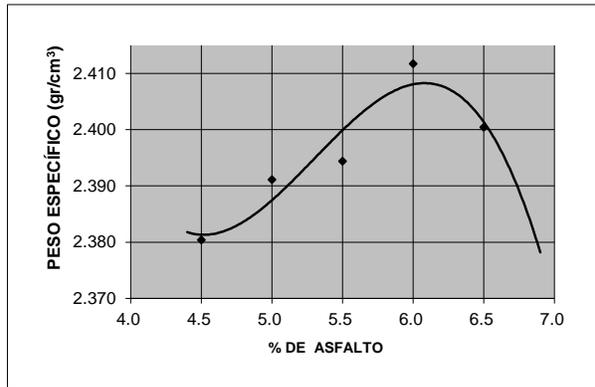
**EDWARD DAVID**  
**HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284762

Lima, 17 de Octubre del 2022.

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

<b>SOLICITANTE</b>	: Yasmin Catherine Quispe Pacheco	<b>MUESTRA</b>	: Agregados, Pen 60-70. Nanoarcilla 4.5%
<b>PROYECTO</b>	: Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022."	<b>IDENTIFICACIÓN</b>	: La que se indica.
		<b>CANTIDAD</b>	: 100 kg, 01 gl.
		<b>PRESENTACIÓN</b>	: Sacos y envase metálico.
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b>	: 2022/09/10.	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	: 2022/09/10 al 2022/10/15.

**MTC E-504 (2000) RESISTENCIA DE MEZCLAS BITUMINOSAS USANDO EL APARATO MARSHALL**



DMA (33/45)  
mepp/jems  
O.S. N°56

*(Firma manuscrita)*  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284762

Lima, 17 de Octubre del 2022.

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022."  
**PROCEDENCIA** : Cantera Carabaylo **PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/10/05. **FECHA DE ENSAYO** : 2022/10/05 al 2022/10/25.

**AASHTO T-283 (2003)\* METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.**

Muestra	Ensayo	1	2	3	4	5	6
Diámetro, m m	D	101.5	101.5	101.8	101.8	101.5	101.8
Espesor (altura),m m	t	68.0	67.9	67.9	68.3	67.8	68.5
Masa Seca en Aire,g	A	1225.7	1228.3	1222.0	1229.2	1227.0	1229.4
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B	1229.6	1231.5	1226.8	1233.4	1231.1	1232.5
Masa en Agua,g	C	688.2	689.3	687.8	690.2	688.2	689.8
Volumen,cc,(B-C)	E	541.4	542.2	539.0	543.2	542.9	542.7
Bulk Gr.Epecific(A/E)	F	2.264	2.265	2.267	2.263	2.260	2.265
Máx. Sp. Gr.Rpecific.	G	2.432	2.432	2.432	2.432	2.432	2.432
% Vacío (100(G-F)/G)	H	6.9	6.9	6.8	7.0	7.1	6.9
Volumen del Vacío de Aire(HE/100)	I	37.4	37.1	36.5	37.8	38.4	37.2
Lectura del dial de carga	p	141.0	137.0	140.0			
Carga (lbf)	P	658.8	640.5	654.3			

Saturado min. @ kPa ó mm Hg (pulg. Hg) a 20pulg.Hg.

Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B'				1258.5	1257.2	1256.9
Masa en Agua,g	C'				712.9	712.1	712.2
Volumen (B'-C')	E'				545.6	545.1	544.7
Vol. Abs. Water (B'-A)	J'				29.3	30.2	27.5
% Saturación (100J'/I)					77.6	78.7	73.9
Hinchamiento (100(E'-E)/E)					0.44	0.41	0.37

**Condicionado 24 h a 60°C agua**

Espesor m m (pulg)	T''				68.6	67.9	68.6
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B''				1264.5	1257.0	1258.2
Masa en Agua	C''				717.1	713.5	713.2
Volumen (B''-C''),cc	E''				547.4	543.5	545.0
Vol.de Agua Abs. (B''-A),cc	J''				35.3	30.0	28.8
% Saturación (100J''/I)					93.5	78.2	77.4
Hinchamiento (100(E''-E)/E)					0.77	0.11	0.42
Lectura del dial de carga	Carga				110.0	115.0	112.0
Carga (lbf)	P''				517.4	540.1	526.5
Fuerza Seca, 2P/pi*TD (psi)	Std	39.2	38.2	38.9			
Fuerza húmeda, 2P''/pi*T''D (psi)	Stm				30.4	32.2	31.0
TSR, Stm /Std*100 (%)							
Baño de Humedad Visual							
Agregado Agrietado y roto							
Hinchamiento							

\* Peso en condiciones saturadas superficialmente del espécimen, saturado parcialmente, g

**Promedio (Std)** 38.8  
**Promedio (Stm)** 31.2

**80.5**



**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 284762

DMA (34/45)  
 mepp/jems  
 O.S. N°156

Lima, 25 de Octubre del 2022.

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmín Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**PROCEDENCIA** : Cantera Carabayllo **CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/10/05. **PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE ENSAYO** : 2022/10/05 al 2022/10/25.

**AASHTO T-283 (2003)\* METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.**

**MEZCLA ASFÁLTICA** : Grava Chancada de ½" : 40.0% (Cantera Carabayllo)  
 Arena Chancada : 60.0% (Cantera Carabayllo)

Porcentaje de Asfalto : 6.2 % PEN 60-70

**TIPO DE ASFALTO** : Cemento asfáltico Pen 60-70

Acondicionamiento de Muestra	En Seco <sup>(d)</sup>			En Húmedo <sup>(1)</sup>		
	1	2	3	4	5	6
N° Especimen						
Promedio de Vacíos de Aire (%)	6.8			7.0		
Resistencia a la Tensión en cada especimen - psi	39.21	38.17	38.88	30.43	32.19	30.96
Promedio de Resistencia a la Tensión en cada condición - psi (St <sub>d</sub> )	38.75			31.19		
Daño por humedad (visual) <sup>(2)</sup>	0			0		
Agregados fracturados (visual)	No presenta			No presenta		

**Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio St<sub>1</sub>/St<sub>d</sub>) = 80.5%**

**Nota:**

- (1) Acondicionamiento húmedo: 60°C +/- 1°C por 24 horas.  
 (2) Daño por humedad (visual) - escala de 0 - 5 (con 5 como el de mayor desprendimiento), según método de ensayo.

**Observaciones:**

- (\*) Publicado en "Standard Specifications for transportation materials and methods of sampling and testing 2005 - Part 2A Tests.  
 - El ensayo fue efectuado (a petición del cliente) con la formulación del Diseño Marshall proporcionado por el Laboratorio.  
 - Fecha de orden de ensayo: 05/10/2022.  
 - La interpretación ajena de los resultados de ensayos, es de exclusiva responsabilidad del usuario.



DMA (35/45)  
 mepp/jems  
 O.S. N°56



**EDWARD DAVID  
 HERNÁNDEZ VASQUEZ**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 284782

Lima, 25 de Octubre del 2022.

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 0.5%  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla  
asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**PROCEDENCIA** : Cantera Carabayllo **CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/10/05. **PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE ENSAYO** : 2022/10/05 al 2022/10/25.

**AASHTO T-283 (2003)\* METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS  
COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.**

Muestra	Ensayo	1	2	3	4	5	6
Diámetro, m m	D	101.6	101.7	101.6	101.7	101.7	101.7
Espesor (altura),m m	t	66.6	66.7	66.8	66.7	66.7	66.7
Masa Seca en Aire,g	A	1232.0	1234.0	1235.0	1233.2	1234.1	1232.1
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B	1242.2	1243.9	1242.9	1242.3	1243.3	1241.3
Masa en Agua,g	C	698.0	697.2	697.8	697.7	697.0	697.2
Volumen,cc,(B-C)	E	544.2	546.7	545.1	544.6	546.3	544.1
Bulk Gr.Epecific(A/E)	F	2.264	2.257	2.266	2.264	2.259	2.264
Máx. Sp. Gr.Rpecific.	G	2.435	2.435	2.435	2.435	2.435	2.435
% Vacío (100(G-F)/G)	H	7.0	7.3	7.0	7.0	7.2	7.0
Volumen del Vacío de Aire(HE/100)	I	38.2	39.9	37.9	38.2	39.5	38.1
Lectura del dial de carga	p	115.0	120.0	125.0			
Carga (lbf)	P	540.1	562.9	585.7			

Saturado min. @ kPa ó mm Hg (pulg. Hg) a 20pulg.Hg.

Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B'				1259.6	1262	1259.4
Masa en Agua,g	C'				714.3	714.6	713.9
Volumen (B'-C')	E'				545.3	547.4	545.5
Vol. Abs. Water (B'-A)	J'				26.4	27.9	27.3
% Saturación (100J'/I)					69.2	70.7	71.6
Hinchamiento (100(E'-E)/E)					0.13	0.20	0.26

**Condicionado 24 h a 60°C agua**

Espesor m m (pulg)	T''				67.0	67.5	67.8
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B''				1262.8	1263.8	1263.7
Masa en Agua	C''				714.6	716.2	716.4
Volumen (B''-C''),cc	E''				548.2	547.6	547.3
Vol.de Agua Abs. (B''-A),cc	J''				29.6	29.7	31.6
% Saturación (100J''/I)					77.6	75.2	82.9
Hinchamiento (100(E''-E)/E)					0.66	0.24	0.59
Lectura del dial de carga	Carga				103.0	102.0	105.0
Carga (lbf)	P''				485.5	481.0	494.6
Fuerza Seca, 2P/pi*TD (psi)	Std	32.8	34.1	35.4			
Fuerza húmeda, 2P''/pi*T''D (psi)	Stm				29.3	28.8	29.5
TSR, Stm /Std*100 (%)							
Baño de Humedad Visual							
Agregado Agrietado y roto							
Hinchamiento							

\* Peso en condiciones saturadas superficialmente del especimen, saturado parcialmente, g

**Promedio (Std)** 34.1  
**Promedio (Stm)** 29.2

**85.5**



**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUE**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284762

DMA (36/45)  
mepp/jems  
O.S. N°156

Lima, 25 de Octubre del 2022.

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 0.5%

**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
Nanocarbonato de Calcio 0.5%

**PROCEDENCIA** : Cantera Carabayllo **CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/10/05. **PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE ENSAYO** : 2022/10/05 al 2022/10/25.

**AASHTO T-283 (2003)\* METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.**

**MEZCLA ASFÁLTICA** : Grava Chancada de ½" : 40.0% (Cantera Carabayllo)  
Arena Chancada : 59.0% (Cantera Carabayllo)  
Adición : Nanoarcilla 0.5% \*\*  
Nanocarbonato de Calcio 0.5% \*\*  
Porcentaje de Asfalto : 6.0 % PEN 60-70

**TIPO DE ASFALTO** : Cemento asfáltico Pen 60-70

Acondicionamiento de Muestra	En Seco <sup>(d)</sup>			En Húmedo <sup>(1)</sup>		
	1	2	3	4	5	6
Nº Especimen						
Promedio de Vacíos de Aire (%)	7.1			7.1		
Resistencia a la Tensión en cada especimen - psi	32.79	34.08	35.45	29.26	28.78	29.46
Promedio de Resistencia a la Tensión en cada condición - psi (St <sub>d</sub> )	34.11			29.17		
Daño por humedad (visual) <sup>(2)</sup>	0			0		
Agregados fracturados (visual)	No presenta			No presenta		

**Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio St<sub>1</sub>/St<sub>d</sub>) = 85.5%**

**Nota:**

- (1) Acondicionamiento húmedo: 60°C +/- 1°C por 24 horas.  
(2) Daño por humedad (visual) - escala de 0 - 5 (con 5 como el de mayor desprendimiento), según método de ensayo.

**Observaciones:**

- (\*) Publicado en "Standard Specifications for transportation materials and methods of sampling and testing 2005 - Part 2A Tests."  
(\*\*) porcentaje en peso de los Agregados.  
- El ensayo fue efectuado (a petición del cliente) con la formulación del Diseño Marshall proporcionado por el Laboratorio.  
- Fecha de orden de ensayo: 05/10/2022.  
- La interpretación ajena de los resultados de ensayos, es de exclusiva responsabilidad del usuario.



DMA (37/45)  
mepp/jems  
O.S. N°56



**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284762

Lima, 25 de Octubre del 2022.

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 1.5%  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla  
asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**PROCEDENCIA** : Cantera Carabayllo **CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**FECHA DE RECEPCIÓN**: 2022/10/05. **PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE ENSAYO** : 2022/10/05 al 2022/10/25.

**AASHTO T-283 (2003)\* METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS  
COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.**

Muestra	Ensayo	1	2	3	4	5	6
Diámetro, m m	D	102.7	102.1	101.6	102.5	102.1	102.0
Espesor (altura),m m	t	65.9	67.8	67.9	67.4	67.5	67.9
Masa Seca en Aire,g	A	1226.3	1226.5	1225.6	1225.2	1229.0	1229.4
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B	1229.5	1228.3	1227.5	1227.3	1230.8	1230.9
Masa en Agua,g	C	693.0	692.1	692.0	692.3	694.0	693.6
Volumen,cc,(B-C)	E	536.5	536.2	535.5	535.0	536.8	537.3
Bulk Gr.Epecific(A/E)	F	2.286	2.287	2.289	2.290	2.289	2.288
Máx. Sp. Gr.Rpecific.	G	2.463	2.463	2.463	2.463	2.463	2.463
% Vacío (100(G-F)/G)	H	7.2	7.1	7.1	7.0	7.0	7.1
Volumen del Vacío de Aire(HE/100)	I	38.6	38.2	37.9	37.6	37.8	38.2
Lectura del dial de carga	p	125.0	130.0	119.0			
Carga (lbf)	P	585.7	608.6	558.4			

Saturado min. @ kPa ó mm Hg (pulg. Hg) a 20pulg.Hg.

Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B'				1246.4	1250.2	1250.9
Masa en Agua,g	C'				705	705	708
Volumen (B'-C')	E'				541.4	545.2	542.9
Vol. Abs. Water (B'-A)	J'				21.2	21.2	21.5
% Saturación (100J'/I)					56.4	56.1	56.4
Hinchamiento (100(E'-E)/E)					1.20	1.56	1.04

**Condicionado 24 h a 60°C agua**

Espesor m m (pulg)	T''				67.0	67.5	67.8
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B''				1262.8	1263.8	1263.7
Masa en Agua	C''				714.6	716.2	716.4
Volumen (B''-C''),cc	E''				548.2	547.6	547.3
Vol.de Agua Abs. (B''-A),cc	J''				37.6	34.8	34.3
% Saturación (100J''/I)					100.1	92.0	89.9
Hinchamiento (100(E''- E)/E)					2.47	2.01	1.86
Lectura del dial de carga	Carga				107.0	108.0	106.0
Carga (lbf)	P''				503.7	508.3	499.2
Fuerza Seca, 2P/pi*TD (psi)	Std	35.5	36.1	33.2			
Fuerza húmeda, 2P''/pi*T''D (psi)	Stm				30.1	30.3	29.6
TSR, Stm /Std*100 (%)							
Baño de Humedad Visual							
Agregado Agrietado y roto							
Hinchamiento							

\* Peso en condiciones saturadas superficialmente del especimen, saturado parcialmente, g

**Promedio (Std)** 35.0  
**Promedio (Stm)** 30.0

**85.9**



*Edward David Hernandez Vasquez*  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284762

DMA (38/45)  
mepp/jems  
O.S. N°156

Lima, 25 de Octubre del 2022.

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco

**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022."

**PROCEDENCIA** : Cantera Carabayllo

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/10/05.

**MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 1.5%  
Nanocarbonato de Calcio 0.5%

**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.

**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.

**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.

**FECHA DE ENSAYO** : 2022/10/05 al 2022/10/25.

**AASHTO T-283 (2003)\* MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.**

**MEZCLA ASFÁLTICA** :

Grava Chancada de ½"	:	40.0%	(Cantera Carabayllo)
Arena Chancada	:	58.0%	(Cantera Carabayllo)
Adición	:	Nanoarcilla 1.5% **	
	:	Nanocarbonato de Calcio 0.5% **	
Porcentaje de Asfalto	:	5.8 %	PEN 60-70

**TIPO DE ASFALTO** : Cemento asfáltico Pen 60-70

Acondicionamiento de Muestra	En Seco <sup>(d)</sup>			En Húmedo <sup>(1)</sup>		
	1	2	3	4	5	6
Nº Especimen						
Promedio de Vacíos de Aire (%)	7.1			7.1		
Resistencia a la Tensión en cada especimen - psi	35.55	36.11	33.24	30.12	30.29	29.64
Promedio de Resistencia a la Tensión en cada condición - psi (St <sub>d</sub> )	34.97			30.02		
Daño por humedad (visual) <sup>(2)</sup>	0			0		
Agregados fracturados (visual)	No presenta			No presenta		

**Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio St<sub>1</sub>/St<sub>d</sub>) = 85.9%**

**Nota:**

- (1) Acondicionamiento húmedo: 60°C +/- 1°C por 24 horas.  
(2) Daño por humedad (visual) - escala de 0 - 5 (con 5 como el de mayor desprendimiento), según método de ensayo.

**Observaciones:**

- (\*) Publicado en "Standard Specifications for transportation materials and methods of sampling and testing 2005 - Part 2A Tests.  
(\*\*) porcentaje en peso de los Agregados.  
- El ensayo fue efectuado (a petición del cliente) con la formulación del Diseño Marshall proporcionado por el Laboratorio.  
- Fecha de orden de ensayo: 05/10/2022.  
- La interpretación ajena de los resultados de ensayos, es de exclusiva responsabilidad del usuario.



DMA (37/45)  
mepp/jems  
O.S. N°56

  
**EDWARD DAVID**  
**HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284782

Lima, 25 de Octubre del 2022.

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 2.5%  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla  
asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**PROCEDENCIA** : Cantera Carabayllo **CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**FECHA DE RECEPCIÓN**: 2022/10/05. **PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE ENSAYO** : 2022/10/05 al 2022/10/25.

**AASHTO T-283 (2003)\* METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS  
COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.**

Muestra	Ensayo	1	2	3	4	5	6
Diámetro, m m	D	101.8	101.6	101.7	101.8	101.6	101.8
Espesor (altura), m m	t	66.7	66.8	66.9	66.8	66.6	66.8
Masa Seca en Aire, g	A	1231.0	1233.0	1234.0	1231.5	1234.6	1231.6
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B	1241.3	1243.5	1242.6	1241.3	1242.9	1240.8
Masa en Agua, g	C	697.6	698.3	697.3	697.2	697.3	696.8
Volumen, cc, (B-C)	E	543.7	545.2	545.3	544.1	545.6	544.0
Bulk Gr. Especific (A/E)	F	2.264	2.262	2.263	2.263	2.263	2.264
Máx. Sp. Gr. Rpecific.	G	2.435	2.435	2.435	2.435	2.435	2.435
% Vacío (100(G-F)/G)	H	7.0	7.1	7.1	7.0	7.1	7.0
Volumen del Vacío de Aire (HE/100)	I	38.2	38.8	38.5	38.4	38.6	38.2
Lectura del dial de carga	p	110.0	112.0	108.0			
Carga (lbf)	P	517.4	526.5	508.3			

Saturado min. @ kPa ó mm Hg (pulg. Hg) a 20pulg.Hg.

Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B'				1259.3	1261.3	1259.2
Masa en Agua, g	C'				713.6	714.2	712.9
Volumen (B'-C')	E'				545.7	547.1	546.3
Vol. Abs. Water (B'-A)	J'				27.8	26.7	27.6
% Saturación (100J'/I)					72.5	69.2	72.2
Hinchamiento (100(E'-E)/E)					0.29	0.27	0.42

**Condicionado 24 h a 60°C agua**

Espesor m m (pulg)	T''				67.2	67.6	67.9
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B''				1262.3	1263.1	1263.1
Masa en Agua	C''				714.3	716.1	715.2
Volumen (B''-C''), cc	E''				548.0	547.0	547.9
Vol. de Agua Abs. (B''-A), cc	J''				30.8	28.5	31.5
% Saturación (100J''/I)					80.3	73.9	82.4
Hinchamiento (100(E''-E)/E)					0.72	0.26	0.72
Lectura del dial de carga	Carga				94.0	98.0	95.0
Carga (lbf)	P''				444.6	462.8	449.1
Fuerza Seca, 2P/pi*TD (psi)	Std	31.3	31.9	30.7			
Fuerza húmeda, 2P''/pi*T''D (psi)	Stm				26.7	27.7	26.7
TSR, Stm /Std*100 (%)							
Baño de Humedad Visual							
Agregado Agrietado y roto							
Hinchamiento							

\* Peso en condiciones saturadas superficialmente del espécimen, saturado parcialmente, g

**Promedio (Std)** 31.3  
**Promedio (Stm)** 27.0

**86.4**



*Edward David Hernandez Vasquez*  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284762

DMA (40/45)  
mepp/jems  
O.S. N°156

Lima, 25 de Octubre del 2022.

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmín Catherine Quispe Pacheco

**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022."

**PROCEDENCIA** : Cantera Carabayllo

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/10/05.

**MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 2.5%  
Nanocarbonato de Calcio 0.5%

**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.

**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.

**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.

**FECHA DE ENSAYO** : 2022/10/05 al 2022/10/25.

**AASHTO T-283 (2003)\* METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.**

**MEZCLA ASFÁLTICA** :

Grava Chancada de ½" : 40.0% (Cantera Carabayllo)

Arena Chancada : 57.0% (Cantera Carabayllo)

Adición : Nanoarcilla 2.5% \*\*  
Nanocarbonato de Calcio 0.5% \*\*

Porcentaje de Asfalto : 5.9%. PEN 60-70

**TIPO DE ASFALTO** : Cemento asfáltico Pen 60-70

Acondicionamiento de Muestra	En Seco <sup>(d)</sup>			En Húmedo <sup>(1)</sup>		
	1	2	3	4	5	6
Nº Especimen						
Promedio de Vacíos de Aire (%)	7.1			7.0		
Resistencia a la Tensión en cada especimen - psi	31.29	31.86	30.68	26.69	27.67	26.69
Promedio de Resistencia a la Tensión en cada condición - psi (St <sub>d</sub> )	31.28			27.02		
Daño por humedad (visual) <sup>(2)</sup>	0			0		
Agregados fracturados (visual)	No presenta			No presenta		

**Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio St<sub>1</sub>/St<sub>d</sub>) = 86.4%**

**Nota:**

- (1) Acondicionamiento húmedo: 60°C +/- 1°C por 24 horas.  
(2) Daño por humedad (visual) - escala de 0 - 5 (con 5 como el de mayor desprendimiento), según método de ensayo.

**Observaciones:**

- (\*) Publicado en "Standard Specifications for transportation materials and methods of sampling and testing 2005 - Part 2A Tests."  
(\*\*) porcentaje en peso de los Agregados.  
- El ensayo fue efectuado (a petición del cliente) con la formulación del Diseño Marshall proporcionado por el Laboratorio.  
- Fecha de orden de ensayo: 05/10/2022.  
- La interpretación ajena de los resultados de ensayos, es de exclusiva responsabilidad del usuario.



DMA (4145)  
mepp/jems  
O.S. N°56

  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284782

Lima, 25 de Octubre del 2022.

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 3.5%  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla  
asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**PROCEDENCIA** : Cantera Carabaylo **CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/10/05. **PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE ENSAYO** : 2022/10/05 al 2022/10/25.

**AASHTO T-283 (2003)\* MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS  
COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.**

Muestra	Ensayo	1	2	3	4	5	6
Diámetro, m m	D	102.0	101.9	101.5	101.8	101.5	101.6
Espesor (altura), m m	t	69.2	68.9	69.0	70.8	70.5	69.9
Masa Seca en Aire, g	A	1234.0	1240.7	1234.7	1240.4	1238.5	1239.1
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B	1235.6	1242.5	1236.0	1244.1	1241.8	1240.9
Masa en Agua, g	C	674.8	679.7	676.1	680.6	679.8	678.2
Volumen, cc.(B-C)	E	560.8	562.8	559.9	563.5	562.0	562.7
Bulk Gr.Epecific(A/E)	F	2.200	2.205	2.205	2.201	2.204	2.202
Máx. Sp. Gr.Rpecific.	G	2.368	2.368	2.368	2.368	2.368	2.368
% Vacío (100(G-F)/G)	H	7.1	6.9	6.9	7.0	6.9	7.0
Volumen del Vacío de Aire(HE/100)	I	39.7	38.9	38.5	39.7	39.0	39.4
Lectura del dial de carga	p	110.0	111.0	113.0			
Carga (lbf)	P	517.4	521.9	531.0			

Saturado min. @ kPa ó mm Hg (pulg. Hg) a 20pulg.Hg.

Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B'				1270.8	1268.1	1268.3
Masa en Agua, g	C'				703.1	688	703.5
Volumen (B'-C')	E'				567.7	580.1	564.8
Vol. Abs. Water (B'-A)	J'				30.4	29.6	29.2
% Saturación (100J'/I)					76.6	75.9	74.1
Hinchamiento (100(E'-E)/E)					0.75	3.22	0.37
<b>Condicionado 24 h a 60°C agua</b>							
Espesor m m (pulg)	T''				70.7	70.3	69.8
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B''				1269.7	1266.8	1267.8
Masa en Agua	C''				702.3	685.3	697.5
Volumen (B''-C''), cc	E''				567.4	581.5	570.3
Vol.de Agua Abs. (B''-A), cc	J''				29.3	28.3	28.7
% Saturación (100J''/I)					73.8	72.6	72.8
Hinchamiento (100(E''- E)/E)					0.69	3.47	1.35
Lectura del dial de carga	Carga				97.0	98.0	99.0
Carga (lbf)	P''				458.2	462.8	467.3
Fuerza Seca, 2P/pi*TD (psi)	Std	30.1	30.5	31.1			
Fuerza húmeda, 2P''/pi*T''D (psi)	Stm				26.1	26.6	27.1
TSR, Stm /Std*100 (%)							
Baño de Humedad Visual							
Agregado Agrietado y roto							
Hinchamiento							

\* Peso en condiciones saturadas superficialmente del espécimen, saturado parcialmente, g

**Promedio (Std)** 30.6  
**Promedio (Stm)** 26.6

**87.0**

DMA (42/45)  
mepp/jems  
O.S. N°156



*Edward David Hernandez Vasquez*  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 264762

Lima, 25 de Octubre del 2022.

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco

**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022."

**PROCEDENCIA** : Cantera Carabayllo

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/10/05.

**MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 3.5%  
Nanocarbonato de Calcio 0.5%

**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.

**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.

**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.

**FECHA DE ENSAYO** : 2022/10/05 al 2022/10/25.

**AASHTO T-283 (2003)\* MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.**

**MEZCLA ASFÁLTICA :** Grava Chancada de ½" : 40.0% (Cantera Carabayllo)  
Arena Chancada : 56.0% (Cantera Carabayllo)  
Adición : Nanoarcilla 3.5% \*\*  
Nanocarbonato de Calcio 0.5% \*\*  
Porcentaje de Asfalto : 6.0 % PEN 60-70

**TIPO DE ASFALTO :** Cemento asfáltico Pen 60-70

Acondicionamiento de Muestra	En Seco <sup>(d)</sup>			En Húmedo <sup>(1)</sup>		
	1	2	3	4	5	6
Nº Especimen						
Promedio de Vacíos de Aire (%)	7.0			7.0		
Resistencia a la Tensión en cada especimen - psi	30.10	30.53	31.14	26.15	26.64	27.07
Promedio de Resistencia a la Tensión en cada condición - psi (St <sub>d</sub> )	30.59			26.62		
Daño por humedad (visual) <sup>(2)</sup>	0			0		
Agregados fracturados (visual)	No presenta			No presenta		

**Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio St<sub>1</sub>/St<sub>d</sub>) = 87.0%**

**Nota:**

- (1) Acondicionamiento húmedo: 60°C +/- 1°C por 24 horas.  
(2) Daño por humedad (visual) - escala de 0 - 5 (con 5 como el de mayor desprendimiento), según método de ensayo.

**Observaciones:**

- (\*) Publicado en "Standard Specifications for transportation materials and methods of sampling and testing 2005 - Part 2A Tests."  
(\*\*) porcentaje en peso de los Agregados.  
- El ensayo fue efectuado (a petición del cliente) con la formulación del Diseño Marshall proporcionado por el Laboratorio.  
- Fecha de orden de ensayo: 05/10/2022.  
- La interpretación ajena de los resultados de ensayos, es de exclusiva responsabilidad del usuario.



DMA (43/45)  
mepp/jems  
O.S. N°56

  
**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 264762

Lima, 25 de Octubre del 2022.

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmin Catherine Quispe Pacheco **MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 4.5%  
**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla  
asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022." **IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.  
**PROCEDENCIA** : Cantera Carabayllo **CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.  
**FECHA DE RECEPCIÓN**: 2022/10/05. **PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.  
**FECHA DE ENSAYO** : 2022/10/05 al 2022/10/25.

**AASHTO T-283 (2003)\* METODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS  
COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.**

Muestra	Ensayo	1	2	3	4	5	6
Diámetro, m m	D	102.3	101.8	101.8	101.5	102.5	101.5
Espesor (altura),m m	t	65.9	66.1	67.1	67.1	66.1	66.1
Masa Seca en Aire,g	A	1204.9	1193.2	1204.8	1202.0	1200.1	1200.2
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B	1206.1	1194.4	1206.8	1204.2	1202.6	1202.6
Masa en Agua,g	C	676.0	664.4	677.7	671.5	671.2	671.7
Volumen,cc.(B-C)	E	530.1	530.0	529.1	532.7	531.4	530.9
Bulk Gr.Epecific(A/E)	F	2.273	2.251	2.277	2.256	2.258	2.261
Máx. Sp. Gr.Rpecific.	G	2.440	2.44	2.44	2.44	2.44	2.44
% Vacío (100(G-F)/G)	H	6.8	7.7	6.7	7.5	7.4	7.3
Volumen del Vacío de Aire(HE/100)	I	36.3	41.0	35.3	40.1	39.6	39.0
Lectura del dial de carga	p	141.0	137.0	139.0			
Carga (lbf)	P	658.8	640.5	649.7			

Saturado min. @ kPa ó mm Hg (pulg. Hg) a 20pulg.Hg.

Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B'				1232.0	1229.1	1229.7
Masa en Agua,g	C'				696.1	695.4	697.6
Volumen (B'-C')	E'				535.9	533.7	532.1
Vol. Abs. Water (B'-A)	J'				30.0	29.0	29.5
% Saturación (100J'/I)					74.9	73.3	75.6
Hinchamiento (100(E'-E)/E)					0.60	0.43	0.23
<b>Condicionado 24 h a 60°C agua</b>							
Espesor m m (pulg)	T''				67.0	66.2	66.6
Masa muestra sat. Sup. Seca, g	B''				1232.8	1228.7	1228.5
Masa en Agua	C''				691.6	690.5	692.4
Volumen (B''-C''),cc	E''				541.2	538.2	536.1
Vol.de Agua Abs. (B''-A),cc	J''				30.8	28.6	28.3
% Saturación (100J''/I)					76.9	72.3	72.5
Hinchamiento (100(E''- E)/E)					1.60	1.28	0.98
Lectura del dial de carga	Carga				119.0	123.0	124.0
Carga (lbf)	P''				558.4	576.6	581.2
Fuerza Seca, 2P/pi*TD (psi)	Std	40.1	39.1	39.1			
Fuerza húmeda, 2P''/pi*T''D (psi)	Stm				33.7	34.9	35.3
TSR, Stm /Std*100 (%)							
Baño de Humedad Visual							
Agregado Agrietado y roto							
Hinchamiento							

\* Peso en condiciones saturadas superficialmente del especimen, saturado parcialmente, g

**Promedio (Std)** 39.4  
**Promedio (Stm)** 34.6

**87.8**



**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284782

DMA (44/45)  
mepp/jems  
O.S. N°156

Lima, 25 de Octubre del 2022.

**INFORME DE ENSAYO N° 156 - 2022 - M&V - 07.04**

**SOLICITANTE** : Yasmín Catherine Quispe Pacheco

**PROYECTO** : Tesis "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022."

**PROCEDENCIA** : Cantera Carabayllo

**FECHA DE RECEPCIÓN** : 2022/10/05.

**MUESTRA** : Agregados, Pen 60-70.  
Nanoarcilla 4.5%  
Nanocarbonato de Calcio 0.5%

**IDENTIFICACIÓN** : La que se indica.

**CANTIDAD** : 100 kg, 01 gl.

**PRESENTACIÓN** : Sacos y envase metálico.

**FECHA DE ENSAYO** : 2022/10/05 al 2022/10/25.

**AASHTO T-283 (2003)\* MÉTODO DE ENSAYO ESTÁNDAR PARA LA RESISTENCIA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS COMPACTADAS AL DAÑO INDUCIDO POR HUMEDAD.**

**MEZCLA ASFÁLTICA** :

Grava Chancada de ½" : 40.0% (Cantera Carabayllo)

Arena Chancada : 55.0% (Cantera Carabayllo)

Adición : Nanoarcilla 4.5% \*\*  
Nanocarbonato de Calcio 0.5% \*\*

Porcentaje de Asfalto : 6.0 % PEN 60-70

**TIPO DE ASFALTO** : Cemento asfáltico Pen 60-70

Acondicionamiento de Muestra	En Seco <sup>(d)</sup>			En Húmedo <sup>(1)</sup>		
	1	2	3	4	5	6
Nº Especimen						
Promedio de Vacíos de Aire (%)	7.1			7.4		
Resistencia a la Tensión en cada especimen - psi	40.14	39.10	39.06	33.71	34.90	35.32
Promedio de Resistencia a la Tensión en cada condición - psi (St <sub>d</sub> )	39.43			34.64		
Daño por humedad (visual) <sup>(2)</sup>	0			0		
Agregados fracturados (visual)	No presenta			No presenta		

**Razón del esfuerzo a la tensión - TSR (promedio St<sub>1</sub>/St<sub>d</sub>) = 87.8%**

**Nota:**

- (1) Acondicionamiento húmedo: 60°C +/- 1°C por 24 horas.  
(2) Daño por humedad (visual) - escala de 0 - 5 (con 5 como el de mayor desprendimiento), según método de ensayo.

**Observaciones:**

- (\*) Publicado en "Standard Specifications for transportation materials and methods of sampling and testing 2005 - Part 2A Tests."  
(\*\*) porcentaje en peso de los Agregados.  
- El ensayo fue efectuado (a petición del cliente) con la formulación del Diseño Marshall proporcionado por el Laboratorio.  
- Fecha de orden de ensayo: 05/10/2022.  
- La interpretación ajena de los resultados de ensayos, es de exclusiva responsabilidad del usuario.



DMA (45/45)  
mepp/jems  
O.S. N°56



**EDWARD DAVID  
HERNANDEZ VASQUEZ**  
Ingeniero Civil  
CIP N° 284762

Lima, 25 de Octubre del 2022.

**Figura 1**  
*Límites de Atterberg*



**Figura 2**  
*Límites de Atterberg*



**Figura 3**

*Tamizado por la malla #200*



**Figura 4**

*Análisis granulométrico*



**Figura 5**  
*Compactación con martillo compactador*



**Figura 6**  
*Retiro de muestras con gata hidráulica*



**Figura 7**  
*Colocación de muestras en las mordazas Marshall y Lottman*



**Figura 8**  
*Registro de estabilidad y deformación*



**Figura 9**

*Registro de resistencia a la humedad Lottman de acuerdo con AASHTO T-283*





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

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

Yo, FERNÁNDEZ DÍAZ CARLOS MARIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Análisis de la resistencia a la deformación de la mezcla asfáltica con nanocarbonato de calcio y nanoarcilla, Lima, 2022", cuyo autor es QUISPE PACHECO YASMIN CATHERINE, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 12.00%, 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, 25 de Noviembre del 2022

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
FERNÁNDEZ DÍAZ CARLOS MARIO <b>DNI:</b> 09026248 <b>ORCID:</b> 0000-0001-6774-8839	Firmado electrónicamente por: CMFERNANDEZD el 13-12-2022 21:01:03

Código documento Trilce: TRI - 0455288