



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de
caucho reciclado en Lima, 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Castillo Rutti, Alvaro Enrique (ORCID: 0000-0002-3007-1112)

Chávarri Vásquez, Alex Joel (ORCID: 0000-0002-0346-0147)

ASESORA:

Mg. Lavado Enriquez, Juana Maribel (ORCID: 0000-0001-9852-465)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA - PERÙ

2020

DEDICATORIA

Dedico la investigación a mis padres Rutti Galarza Elizabeth Rebeca y Castillo Contreras Victor Enrique, por apoyarme en todo momento, para poder salir adelante,

Dedico la investigación a mis padres Vásquez Hernández Flor y Chávarri Cueva Juan, por guiarme y darme aliento para poder lograr todos mis objetivos, a mis tíos Walter Vásquez, Eduard Vásquez y Manuel Vargas.

AGRADECIMIENTO

Agradecimiento a nuestra asesora Mg. Lavado Enriquez, Juana Maribel por apoyarnos en todo momento para lograr terminar la tesis.

Agradecimiento al ingeniero Moreno Huamán, Elmer por encaminarnos en los resultados de la investigación.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de gráficos y figuras.....	vii
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO.....	8
III. METODOLOGÍA.....	25
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	25
3.2. Variables y operacionalización.....	25
3.3. Población y muestra.....	27
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	28
3.5. Procedimientos.....	29
3.6. Métodos de análisis de datos.....	31
3.7. Aspectos éticos.....	31
IV. RESULTADOS.....	32
V. DISCUSIÓN.....	65
VI. CONCLUSIONES.....	67
VII. RECOMENDACIONES.....	68
REFERENCIAS.....	69
ANEXOS.....	76

Índice de tablas

Tabla 1. Parámetros de clasificación de las mezclas asfálticas.....	15
Tabla 2. Composición y características de los diferentes tipos de llantas.....	19
Tabla 3. Matriz de operacionalización.	26
Tabla 4. Análisis granulométrico agregado grueso según ASTM C136	32
Tabla 5. Análisis granulométrico agregado fino según ASTM C136.....	34
Tabla 6. Abrasión de los Ángeles grava triturada.....	36
Tabla 7. Pesos unitarios en caída libre y compactado del agregado grueso.....	37
Tabla 8. Resultados ensayo gravedad específica y absorción (Agregado grueso).....	38
Tabla 9. Resultados ensayo partículas chatas y alargadas en los agregados (grava triturada).	38
Tabla 10. Resultados de caras fracturadas.	39
Tabla 11. Ensayo equivalente de arena según MTC E514.	40
Tabla 12. Resultado ensayo gravedad específica y absorción.	41
Tabla 13. Resultado ensayo pesos unitarios agregado fino arena triturada.....	42
Tabla 14. Resultados de análisis granulométrico de agregados para la muestra patrón, según ASTM C136.	43
Tabla 15. Diseño de 5% de cemento asfáltico PEN 60/70, 3 briquetas.....	45
Tabla 16. Diseño de 5.5% de cemento asfáltico PEN 60/70, 3 briquetas.....	46
Tabla 17. Diseño de 6% de cemento asfáltico PEN 60/70, 3 briquetas.	48
Tabla 18. Diseño de 6.5% de cemento asfáltico PEN 60/70, 3 briquetas.	49
Tabla 19. Muestra rice de la mezcla asfáltica convencional o mezcla patrón.....	51
Tabla 20. Diseño de mezcla asfáltica en caliente método Illinois – Marshall modificado, cuadro resumen.	52

Tabla 21. Resultados de análisis granulométrico de agregados para la mezcla asfáltica modificada, según ASTM C136.	53
Tabla 22. Diseño MAC con asfalto modificado cemento asfáltico 5% y caucho reciclado 1.5%.	55
Tabla 23. Diseño MAC con asfalto modificado cemento asfáltico 5.5% y caucho reciclado 1.5%.....	56
Tabla 24. Diseño MAC con asfalto modificado cemento asfáltico 6% y caucho reciclado 1.5%.....	58
Tabla 25. Diseño MAC con asfalto modificado cemento asfáltico 6.5% y caucho reciclado 1.5%	59
Tabla 26. Muestra rice de la mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado C.A. 60/70.	61
Tabla 27. Diseño de mezcla asfáltica en caliente método Illinois – Marshall modificado 1.5% de caucho reciclado, cuadro resumen.	64

Índice de gráficos y figuras

Gráfico 1. <i>Curva granulométrica de agregado grueso.....</i>	33
Gráfico 2. <i>Curva granulométrica de agregado fino.....</i>	35
Gráfico 3. <i>Curva granulométrica, agregados para la muestra patrón.....</i>	44
Gráfico 4. <i>Curva granulométrica de agregados para la mezcla asfáltica modificada, según ASTM C136.....</i>	54
Gráfico 5. <i>Cuadro comparativo mezcla patrón vs mezcla modificada.....</i>	62
Gráfico 6. <i>Cuadro comparativo mezcla patrón vs mezcla modificada con respecto a su estabilidad.....</i>	63
Gráfico 7. <i>Cuadro comparativo mezcla patrón vs mezcla modificada con respecto al flujo.....</i>	63
Figura 1. Caída libre arena gruesa sin compactar.	
Figura 2. Rasante arena gruesa sin compactar.	
Figura 3. Rasante arena gruesa sin compactar.	
Figura 4. Arena gruesa compactada a 25 golpes en 3 capas.	
Figura 5. Piedra Chancada a 25 golpes en 3 capas.	
Figura 6. Pesaje correspondiente compactado y sin compactar.....	
Figura 7. Pesaje correspondiente compactado y sin compactar.	
Figura 8. Pesaje correspondiente compactado y sin compactar.....	
Figura 9. Pesaje correspondiente compactado y sin compactar.....	
Figura 10. Pesaje correspondiente compactado y sin compactar.....	
Figura 11. Peso específico arena gruesa.	
Figura 12. Peso específico arena gruesa.	
Figura 13. Calentamiento de agregados a una temperatura de 150 °C.....	
Figura 14. Peso específico de arena gruesa.	

Figura 15. Aplicando cemento asfáltico PEN 60/70.....	
Figura 16. Aplicando cemento asfáltico PEN 60/70.	
Figura 17. Muestra rice 5% y 5.5% de cemento asfaltico PEN 60/70.	
Figura 18. Muestra rice 5% de cemento asfaltico PEN 60/70.	
Figura 19. Proceso de compactación a 75 golpes por cara.	
Figura 20. Proceso de compactación a 75 golpes por cara.	
Figura 21. Calentamiento y mezclado de cemento asfáltico PEN 60/70 incorporando caucho reciclado.	
Figura 22. Cemento asfáltico PEN 60/70 mezclado con el 1.5% de caucho reciclado triturado.....	
Figura 23. Proceso de reposo de las 24 Briquetas.	
Figura 24. Proceso de reposo de las 24 Briquetas.	
Figura 25. Proceso de reposo de las 24 Briquetas.	
Figura 26. Proceso de desmoldado de Briquetas.....	
Figura 27. Briquetas con 5%, 5.5%, 6% y 6,5% de cemento asfáltico incorporando el 1.5% de caucho reciclado en todas las muestras.	
Figura 28. Briquetas desmoldadas.	
Figura 29. Rotura de briquetas con la prensa Marshall.....	
Figura 30. Rotura de briquetas con la prensa Marshall, lectura de flujo y estabilidad.....	

RESUMEN

En la presente investigación titulada diseño de mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado en Lima, 2020 tuvimos como objetivo determinar la influencia de la incorporación del caucho reciclado a un diseño de mezcla asfáltica, la metodología de la tesis es de tipo aplicada; diseño de investigación es experimental de enfoque cuantitativo con población y muestra de 24 briquetas distribuidas en 12 de forma porcentual 0%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5% de cemento de asfalto y 12 muestras modificadas con un diseño de 0%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5% incorporando 1.5% de caucho reciclado, se realizó 3 briquetas por cada porcentaje de C.A. Se utilizó como instrumentos, la ficha técnica normalizada , los resultados obtenidos fueron 6.20% de contenido óptimo de cemento asfáltico, se determina una resistencia a la compresión de 2.5 Mpa teniendo límite máximo de 2.1 Mpa, porcentaje de vacíos de 4.5% basado al contenido óptimo de C.A. , determinamos la estabilidad del material siendo de 14 kN el cual es aceptable con un límite de 15 kN y un flujo de 16 mm la cual está fuera del intervalo legal, llegando a la conclusión que la incorporación del caucho reciclado logra una determinación positiva en porcentaje de vacíos con un promedio de 4.5 % de un intervalo de 3% y 5%, una resistencia la compresión de 2.5 Mpa, resistencia conservada de 79%, resistencia retenida de 83%. Estabilidad sobre flujo de 3515.7 kg/cm, estabilidad de 13.9 kN, peso unitario 2.359 kg/m³.

Palabras clave: Asfalto, caucho, pavimento.

ABSTRACT

In the present investigation entitled asphalt mix design incorporating recycled rubber in Lima, 2020 we aimed to determine the influence of the incorporation of recycled rubber to an asphalt mix design, the thesis methodology is applied type; Research design is experimental with a quantitative approach with population and sample of 24 briquettes distributed in 12 in a percentage way 0%, 5%, 5.5%, 6% and 6.5% of asphalt cement and 12 modified samples with a design of 0%, 5%, 5.5%, 6% and 6.5% incorporating 1.5% of recycled rubber, 3 briquettes were made for each percentage of CA The standardized technical sheet was used as instruments, the results obtained were 6.20% of optimal content of asphalt cement, a compressive strength of 2.5 Mpa is determined with a maximum limit of 2.1 Mpa, void percentage of 4.5% based on the optimal content from CA , we determined the stability of the material being 14 kN which is acceptable with a limit of 15 kN and a flow of 16 mm which is outside the legal range, reaching the conclusion that the incorporation of recycled rubber achieves a positive determination in percentage of voids with an average of 4.5% of a range of 3% and 5%, a compressive strength of 2.5 Mpa, preserved strength of 79%, retained strength of 83%. Stability over flow of 3515.7 kg / cm, stability of 13.9 kN, unit weight 2.359 kg / m³.

Keywords: Asphalt, rubber, pavement..

I.- INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el tema de cuidar el medio ambiente ha influenciado a realizar investigaciones referentes al reciclaje, por ello existe documentación internacional que avala el reciclaje de caucho proveniente de los neumáticos llantas incorporándose a la mezcla asfáltica.

En un artículo de la Universidad de Western en Canadá mencionan que el uso de caucho de neumáticos reciclado en pavimentos de asfalto lo aplicaron para mejorar el rendimiento general, la economía y la sostenibilidad de los pavimentos esto ha tenido una atención importante en los últimos años. Una variedad de estudios ha señalado que el caucho de neumáticos reciclado puede reducir la deformación permanente de pavimentos flexibles y mejorar su resistencia a la formación de surcos, reducir la construcción del pavimento y costos de mantenimiento y mejorar la resistencia al daño por fatiga. Se evidencia el uso de caucho de neumáticos reciclado en pavimentos de asfalto en términos de propiedades de ingeniería, desempeño y evaluación de durabilidad. (Saud A. Alfayez, Ahmed R. Suleiman and Moncef L. Nehdi, 2020, p. 1).

En una tesis de Colombia mencionan que las infraestructuras viales en su mayoría son elaboradas y pavimentadas con pavimento flexible, los cuales en su generalidad presentan defectos que reducen su tiempo de vida. Se evidenció baja calidad en la elaboración del grado de penetración PEN (C.A.), en el proceso de ejecución del pavimento; en Bogotá se evidencia alta demanda vehicular, se requiere de mejores materiales para incrementar los límites de carga de calzada. En la ciudad de Bogotá actualmente presenta un flujo vehicular alto, el cual según su necesidad requiere pavimentos de alta capacidad estructural con especificaciones altas lo que influye una gran capacidad de carga, los materiales a usar son materiales de calidad que aumente la capacidad estructural del pavimento flexible. (Díaz y Castro, 2017, p. 13).

También mencionan en un artículo elaborado en Venezuela un estudio experimental incorporando caucho reciclado, donde se menciona que el uso de caucho en asfalto con respecto a la viabilidad se fabrica mezclas con ciertos agregados en la ciudad de Tunja, Colombia, hay un tema que mencionan

frecuentemente, es el problema de los neumáticos en desuso el cual es tomado como una realidad problemática en esta investigación, los neumáticos en desuso generan contaminación ambiental y a la vez en épocas de lluvia es tomado como refugio de insectos los cuales pueden transmitir distintas enfermedades; el otro problema es que también generan una mala visión que degrada la imagen de las comunidades. Es por este tema por el cual se da la iniciativa de dar un buen uso a este material en desuso, se propone utilizar este material como material fino y grueso en la mezcla asfáltica, existe la necesidad de investigación en busca de nuevos materiales para mejorar la calidad y de esta manera aumentar el tiempo de vida de las vías con un buen comportamiento ya sea estructural así como funcional, Concordando con lo dicho los usuarios tendrán una mejor calidad de vida beneficiando la economía del país, Se ha investigado en Colombia este neumático y se ha ejecutado en grandes proyectos aumentando la capacidad, resistencia y durabilidad los cuales han dado buenos resultados y dando un factor amigable con el medio ambiente. (Alarcón, Camacho y Herreño, 2019, p. 4).

En los países occidentales se genera la prioridad de reusar materiales debido a la acumulación de desechos. De forma general los desechos de neumáticos generan afectaciones ambientales, los factores esenciales por lo que se compromiso de explotar esta corteza es por el gran empaque que posee, en términos generales actualmente esta fuerza está siendo desaprovechada. Se tiene 60% de la producción de neumáticos llantas al año y la gran problemática ambiental que se plantea ya en los últimos años en el cual el objetivo principal es largarse una vez que ya sean usados. Se implementaron procesos para proceder con la reutilización de neumáticos obteniendo la liga. (Páez y Valarezo, 2015, p. 22).

Con esta innovación tecnológica se generó la idea de ingresar al sector empresarial con el caucho reciclado en: La investigación y plan de negocios para optar el grado de MBA, hay un ofrecimiento el cual establecer una local para reciclar neumáticos el cual será construido en la entrada de Antofagasta, tendrá varias funciones una es contribuir con el medio entorno reduciendo el golpe ambiental y dando una mejor calidad de vida de las personas aledañas, en suma

de estos factores de crecimiento también ofrecerá grano de caucho reciclado (GCR) y polvo de pegamento, esto podría ser vendido a las más grandes empresas del departamento y región de tierra el cual es deteriorado para las mezclas asfálticas y para todos los distintos productos existentes en donde la base de la materia prima es el caucho. (Olivares, 2016, p. 8).

El reciclaje de residuos sólidos, así como la reutilización y tratamiento al paso del tiempo y el avance del impacto ambiental se ha convertido en una gran oportunidad para diseñar materiales productivos y de mejor material base incrementando el tiempo de vida de la calzada y de la misma forma reduciendo la contaminación ambiental los cuales son generados por productos y materiales en desuso. En Colombia existe un gran mercado de llantas el cual es el factor principal del alto volumen de residuo sólido, el MMA (Ministerio De Medio Ambiente) en el año 2008 dedujo que en Colombia hubo 4.493.092 de consumo de llantas de camiones, automóviles, camionetas y busetas, lo que equivale a 61.000 TN de residuos de llantas al año. (Correa, 2018, p. 10)

Así también los neumáticos o llantas, pasan a convertirse en un material de gran influencia para la deteriorar el ecosistema, las llantas generalmente son eliminadas de una manera errónea algunas veces son quemados a cielo abierto el cual genera un impacto ambiental negativo para nuestro planeta porque la combustión ocasiona gran daño en tanto a gases tóxicos. Las llantas son utilizadas como depósitos de agua de lluvias, también de refugio de larvas los que son motivos de diversas enfermedades. Debido a esta problemática se requiere utilizar estrategias para mejorar la tradicional forma de desechar estos neumáticos en desuso. En este artículo con respecto a lo analizado se investiga ya proyectos realizados en otros países tomándose como modelos para realizarlo aquí en el país y así reducir el término final de las llantas en desuso. (Pedraza, 2019, p. 4).

En la actualidad las exigencias y las necesidades para la ejecución de conexiones de comunicación terrestre, respecto al rubro de la infraestructura vial de cierta manera cumplan con la gran exigencia de los clientes y usuarios, en estos tiempos los productos asfálticos han ido desarrollándose innovando con productos nuevos usados para modificar y aumentar las propiedades mecánicas

de un asfalto, sus características se emplean modificando todos los distintos tipos. El objetivo fue analizar los asfaltos que han sido modificados incorporando el caucho reciclado de llantas, y luego realizar una comparación técnica de sus propiedades que lo conforman frente a un asfalto convencional, evaluando y comparando el factor económico y técnico en laboratorios, de esta manera realizar su uso en pavimentos de carretera. (Pereda y Cubas, 2015, p. 15).

En el Perú existe un problema sobre la infraestructura vial lo que radica en el desconocimiento del funcionamiento de la estructura asfáltica, respecto a problemas en su diseño, errores constructivos y especificaciones de las mezclas. Este error se puede observar en las diversas calles y carreteras del país en el cual se logra tener fallas muy tempranas. Las fallas en los pavimentos o deficiencias que contienen muchas veces se deben al comportamiento mecánico donde la mayoría de veces se comporta de manera imprevista, el principal motivo es que se proporciona no sólo una condición de trabajo sino distintas condiciones por ejemplo a flexión, cortante, tracción, compresión, etc. En esta investigación lo que se quiere buscar es mejorar los pavimentos con respecto a la fluencia de altas temperaturas sin lograr que los pavimentos sean demasiados viscosos o demasiado ligero a temperaturas menores. El material que logra comportarse de una manera positiva frente a estos aspectos es increíblemente el caucho reciclado en un estado de desuso por parte de todo tipo de vehículos, el caucho después de ser reducida de tamaño y debidamente tratada se reincorpora al asfalto creando un asfalto modificado, (Carrizales, 2015, p.15).

En Cajamarca, Perú se realiza se procedió con una investigación de la incorporación del caucho reciclado, se logró modificar el asfalto, tomándose como una alternativa nueva para la solución de problemas en las propiedades mecánicas de un asfalto convencional, estas propiedades al paso del tiempo disminuyen su vida útil debido a los factores climáticos debido a las altas temperaturas, altos niveles de tránsito o por la humedad, problemas de fatiga y deformación, entre otros. (Cervera, 2016, p. 17).

Estamos en la época de las innovaciones tecnológicas, en las cuales se presenta una variedad de aditivos que permiten una buena resistencia de la mezcla asfáltica. Por lo tanto, deberá resistir los diferentes climas y el elevado tránsito al

que estará sometido. En los últimos gobiernos dieron prioridad al desarrollo de obras viales en todo el territorio peruano, ejecutando más de 15,000 kilómetros de carreteras asfaltadas, conectando e integrando a más pueblos para promover el desarrollo económico de la población. Debido al gran aumento de vehículos motorizados en nuestra ciudad, las avenidas principales se han visto afectadas, motivo por el cual causan un enorme tráfico en horas punta y ocasiona un problema de incomodidad a los usuarios que se desplazan por ellas a sus centros de trabajo y hogares. Tenemos la necesidad de realizar un buen diseño que nos brinde una mayor duración y resistencia mecánica al pavimento asfáltico en el Perú. Planteamos mediante el presente estudio de investigación, adicionar el caucho para mezclar con el agregado y poder obtener un buen diseño. Es importante manejar una cultura en el reciclaje de los neumáticos, ya que este material se puede usar en la construcción de carreteras y poder cuidar nuestro medio ambiente. (Robles, 2018, p.18).

Se evidencia fallas que sufren las carreteras, fallas que afectan no solo a las carreteras sino al tránsito vehicular, los cuales son el hundimiento, agrietamiento y otras. Cabe resaltar que este problema afecta de una forma directa a toda la sociedad peruana y el tránsito fluido, creando un disgusto en la población logrando tener vehículos deteriorados y bastante retraso en viajes. La ejecución de un proyecto vial es muy costosa, al ponerse en mal estado o deteriorarse estas vías requieren una rehabilitación lo cual el gobierno tiene que volver a invertir, estos ya son gastos adicionales. Estos desgastes se presentan en distintos casos como la mala implementación de materiales, mala realización del IMDA (Índice Medio Diario Anual) y un mal control en obra, son los factores que afectan de manera negativa a la capa asfáltica. Otro factor y muy importante es el estudio de suelo que de acuerdo al tipo de suelo es ejecutada el proyecto vial, si los estudios no son realizados de una manera adecuada sin las calicatas para tener el muestreo, el pavimento tendrá fallas en su estructura ya en un periodo de corto plazo. (Villagaray, 2017, p. 3).

En nuestra investigación se planteó la formulación del problema con la siguiente interrogante ¿Cómo influye la incorporación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas en caliente en Lima, 2020?, siendo los problemas específicos

los siguientes: ¿Qué efectos produce la incorporación de caucho reciclado en los resultados del método Marshall en el diseño de mezcla asfáltica en caliente en Lima, 2020?, ¿En qué medida favorece la incorporación de caucho reciclado con el agregado y cemento asfáltico en el diseño de mezcla asfáltica en caliente en Lima, 2020?, ¿Cuáles son los resultados de la incorporación de caucho reciclado con los volúmenes de vacíos asfáltico en el diseño de mezcla asfáltica en caliente en Lima, 2020?, ¿Cómo influye en el diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado con respecto a la resistencia a la deformación en Lima, 2020? y ¿Cómo beneficia la incorporación de caucho reciclado en el diseño de mezcla asfáltica en caliente a comparación de un asfalto tradicional en Lima, 2020?.

El objetivo general es planteado de la siguiente forma: Determinar la influencia de la incorporación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas en caliente en Lima, 2020. Del mismo modo se planteó los objetivos específicos, son los siguiente: determinar el contenido óptimo de mezcla asfáltica en caliente con la implementación del caucho reciclado aplicando el método Marshall en Lima, 2020. Determinar la influencia de la implementación de caucho reciclado con el agregado y cemento asfáltico en el diseño de carpeta asfáltica en Lima, 2020. Determinar la influencia de la implementación de caucho reciclado con los volúmenes vacíos en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente en Lima, 2020. Determinar la resistencia a la deformación de la carpeta asfáltica modificada con caucho reciclado a comparación de un asfalto convencional. Determinar los beneficios que presenta la mezcla asfáltica en caliente con caucho reciclado a comparación de un asfalto convencional.

Finalizando se tiene como hipótesis general La incorporación del caucho reciclado influirá significativamente en el diseño de mezcla asfáltica en caliente en Lima, 2020, se tiene también las hipótesis específicas: La incorporación de caucho reciclado produce efectos favorables en los resultados del método Marshall en el diseño de mezcla asfáltica en caliente en Lima, 2020. La incorporación de caucho reciclado con el agregado y cemento asfáltico favorece significativamente en el diseño de mezcla asfáltica en caliente en Lima, 2020. La incorporación de caucho reciclado con los volúmenes vacíos influye

significativamente en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente en Lima, 2020. La incorporación de mezcla asfáltica en caliente con caucho reciclado influye en la resistencia a la deformación en Lima, 2020. La incorporación de caucho reciclado en el diseño de mezcla asfáltica en caliente aporta beneficios a comparación de un asfalto tradicional en Lima, 2020.

La investigación es importante para mitigar la contaminación de este material. Lograr armonía en el Medio ambiente con la construcción por otro lado reutilizar el material neumático el cual hay abundante en la capital Lima. La presente tesis tiene las siguientes justificaciones: El presente estudio se justifica por lo teórico, porque permite tener teorías relacionadas a la investigación del diseño de pavimento flexible, permitiendo comparar resultados de investigadores sobre pavimentación incorporando caucho reciclado proveniente de llantas. Se justifica en la práctica debido a la aplicación del material reciclado se incorpora para la rehabilitación de pista con alta densidad vehicular, el material incorporado en la mezcla ayudará a la resistencia de cargas vehiculares mejorando su durabilidad. El estudio se justifica por conveniencia debido a que es importante porque se emplea un material reciclado que en general es material abundante en la capital, existe precedente de que es económico en la mayoría de sectores del país. Se justifica en lo metodológico mediante un proceso de análisis y recolección de fichas normalizadas, El estudio se justifica en lo social es importante para la sociedad debido a la mejora constante de las pistas, rehabilitación constante de muchas vías medias y de gran afluencia vehicular se proyecta una mejora continua en la sociedad con la aplicación de material reciclado

II.- MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes.

Internacionales:

En Ecuador Páez y Valarezo (2015). En su tesis titulada: “Diseño de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho pulverizado por vía húmeda” Quito-Ecuador, tuvo como objetivo de estudio evidenciar y analizar todas las propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica respecto a su rodadura utilizando caucho pulverizado. Respecto a la metodología es de diseño experimental, enfoque cuantitativo, para esto los agregados pétreos deberán cumplir con las normas y ensayos para así obtener los mejores resultados, ver cómo la estabilidad se mejora al incorporar el caucho pulverizado, tiene como resultado que, al incluir caucho pulverizado en distintos porcentajes en el asfalto de 1%, 1.5% y 2%, aumenta la viscosidad referente a la relación al cemento asfáltico normal, desarrollando ahuellamientos y fisuras a corto plazo sobre la carpeta asfáltica. En conclusión, la disminución de la fuerza a las deformaciones de la briqueta hace que se vuelvan flexibles, también esta prueba llega a cumplir con todos los parámetros establecidos respecto al método Marshall, el cual señala que deben ser mayor a 2200 libras.

Díaz y Castro (2017), En su tesis titulada: “Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá” Colombia, su objetivo de estudio es revisar el estado del arte sobre la incorporación del caucho reciclado proveniente de las llantas, en las mezclas asfálticas”. Dentro del cuadro metodológico el diseño de esta investigación es experimental, enfoque cuantitativo, sostuvieron incluir al caucho reciclado como un agregado pétreo y así obtener una mezcla modificada, para aumentar la vida útil del pavimento y a la vez mejorar sus propiedades, reduciendo las deformaciones que se originaron por los vacíos, Como resultado se tiene un aumento en la resistencia a la deformación constante cuando se logra aumentar entre 5-15% el contenido de caucho molido a la mezcla (GCR). En conclusión, las diferentes investigaciones halladas en la

observación del estado del arte, asegura que la implementación del GCR en las mezclas asfálticas, mejora considerablemente los comportamientos mecánicos de los pavimentos.

Según Angulo, R. y Duarte (2005). En su investigación titulada “Modificación de un asfalto con caucho reciclado de llanta para su aplicación en pavimentos” Bucaramanga-Colombia. tuvo como objetivo de estudio mejorar las propiedades mecánicas como estabilidad y resistencia estructural agregando el caucho reciclado. En su metodología el diseño es experimental, enfoque cuantitativo, se enfocó en la adquisición de una mezcla modificada con caucho reciclado de llantas (C.R. LL.) estableciendo una metodología en el que se logra aprovechar los residuos sólidos los que son representados por las llantas en desuso. Para realizar esta mezcla modificada se basó en las siguientes variables a uso: tiempo de modificación, temperatura de modificación, tamaño de partícula y contenido porcentaje en peso. Para así seleccionar un asfalto modificado óptimo se establecen dos parámetros a seleccionar los cuales son: la estabilidad de almacenamiento y la viscosidad dinámica. En conclusión, con la incorporación de C.R. LL al asfalto convencional se comprobó una mejora significativa en sus propiedades tal es el caso de la recuperación elástica por torsión, la cual se tiene al aumentar en un 100% y 300% para el AMCA y AMC correspondientemente, esto indica un aumento a la resistencia respecto a la deformabilidad en estos asfaltos.

Según Bressi Sara, Fiorentini Nicholas, Huang Jiandong y Massimo (2019). Todos ellos del departamento de ingeniería civil de la universidad de Pisa, Italia, realizaron una investigación titulada “Crumb Rubber Modifier in Road Asphalt Pavements State of the Art and Statistics” que traducido al español es Modificador de caucho granulado en pavimentos asfálticos de carreteras: Estado del arte y estadísticas, tuvo dos objetivos los cuales son: Ilustrar la posición actual, la dirección y la tasa de progreso de los esfuerzos científicos hacia la reutilización y el reciclaje de caucho de neumáticos en todo el mundo; promover un análisis en profundidad de un conjunto de propiedades importantes de los aglutinantes CRM: fabricación parámetros, propiedades

estándar, rendimiento a alta y baja temperatura y propiedades reológicas, obtuvo los siguientes resultados: El "punto de seguridad" del caucho utilizado en el aglutinante modificado tiene un umbral del 20% del peso del aglutinante; siendo la dimensión promedio de 0,56 mm, con una pequeña dispersión alrededor de este valor. Solo un pequeño se utiliza un porcentaje de partículas pequeñas, probablemente porque la producción de partículas muy finas es onerosa y caro, El cemento asfáltico utilizado para la medicación es normalmente un betún estándar con una penetración de 50/70 y PG64-22. Llegan a la conclusión que cualquiera que sea la adición de caucho, con el procedimiento de mezcla terminal, caucho asfáltico y también utilizando otros aditivos de mezcla tibia o SBS, la modificación del aglutinante conduce a un aumento de la viscosidad del aglutinante; La adición de caucho disminuye el punto de ablandamiento y la ductilidad, mientras que cuando se adicional, como SBS o aditivos de mezcla tibia, estos dos valores aumentan en comparación con el aglutinante tradicional. En general, la adición adicional de SBS o aditivos de mezcla tibia de manera significativa altera las propiedades del aglutinante CR; Cualquiera que sea la adición de caucho, con el procedimiento de mezcla terminal, caucho asfáltico y también utilizando otros aditivos de mezcla tibia o SBS, la medicación del aglutinante conduce al rendimiento extensión de grado.

Nacionales:

Cervera (2016), evidencia en su tesis titulada: "Influencia en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado de neumáticos" Cajamarca. Tuvo como objetivo de estudio hallar la influencia en las propiedades mecánicas de la calzada con la implementación de caucho reciclado, Su investigación se clasifica como diseño experimental enfoque cuantitativo, se basó en determinar la combinación del caucho reciclado combinado en proporciones eficientes , emplearse a un diseño de mezcla asfáltica mejorando de una forma positiva obteniendo como resultados la resistencia a la deformación y el flujo en un 2.6% y 2.3% para el tránsito pesado, para este diseño se utilizó 1% de PCR (partículas de caucho reciclado) con 39 briquetas de asfalto tradicional y modificado siendo

la muestra de la investigación, de las 39 briquetas 15 son briquetas sin la adición del PCR y 24 es añadiendo el PCR con distintos contenidos de cemento asfáltico (C.A %), se concluye que la incorporación de PCR llega a influir de una manera positiva frente a la mezcla asfáltica logrando un aumento en su estabilidad e incrementando la interrelación del flujo en un 2.6% y 2.3% por parte de la relación a la mezcla patrón. Se incorporó 1% de PCR y es el que obtuvo el mejor resultado y el cual cumple con las especificaciones técnicas.

Asu vez Carrizales (2015) En su tesis titulada: "Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos flexibles", Tuvo como objetivo de estudio analizar la mezcla asfáltica modificada con material reciclado de llanta para su posterior aplicación en pavimentos flexibles. Su investigación se clasifica como diseño cuasiexperimental enfoque cuantitativo, se encaminó profesionalmente en encontrar un diseño de mezcla adecuado para la zona del altiplano, incorporando el caucho en una mezcla asfáltica el cual cumple con lo establecido por la MTC y que La rigidez de la mezcla modificada con caucho reciclado es menor que al de la mezcla asfáltica convencional, cuyo flujo es de una proporción mayor el cual disminuye la estabilidad del pavimento y pues no es el adecuado para esta zona porque con el tiempo presentaría ahuellamientos en el pavimento, para esta investigación se elaboró 15 muestras con respecto a un diseño asfalto convencional (DAC) donde se obtuvo resultados que muestran que se tuvieron que realizar distintas pruebas con distintas distribuciones de C.R. y calzada, para buscar cual tiene el mejor comportamiento. Se hizo 15 muestras de diseño asfáltico ya configurado con 3% de caucho reciclado, donde este porcentaje fue el que tuvo mejor resultado dando un comportamiento positivo y mejorado, en conclusión, se realizó la elaboración de asfalto configurados con 3%,5%,7%y9% de caucho reciclado, de los cuales el de 3% es el de mejor comportamiento, los otros resultados se encuentran de cierta manera alejados de las especificaciones normativas.

Como también Pereda y Cubas (2015), en su tesis titulada: "Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su

comparación técnico-económico con los asfaltos convencionales”. Trujillo, cuyo objetivo de estudio fue demostrar la gran importancia de los asfaltos modificados y a la vez comparar las distintas propiedades con respecto a las pruebas que exigen las diversas normas establecidas, adicionando como parte del agregado el caucho reciclado en la preparación del asfalto, el cual aumenta la resistencia con respecto a la deformación plástica al usar asfalto líquido RC-70 y las propiedades mecánicas. Su metodología es de diseño experimental enfoque cuantitativo, el resultado del experimento indica una recuperación elástica por torsión, en porcentaje del ángulo recuperado con respecto al inicial de 180°. Finalmente se concluye que la incorporación de polvo de llantas da una mejora a la resistencia respecto a la deformación plástica de una mezcla. Esto se observa en el comportamiento del RC - 70 en la recuperación elástica por torsión, siendo el asfalto modificado más recuperable que el asfalto convencional con un 37%.

También Villagaray (2017), en su tesis titulada: “Aplicación de caucho reciclado en un diseño de mezcla asfáltica para el tránsito vehicular de la avenida trapiche-comas (remanso)”, tuvo como objetivo de estudio la determinación respecto a la incorporación del caucho en desuso en un asfalto modificado desarrollando un diseño de alta flexibilidad y durabilidad. La metodología de esta investigación es experimental con un enfoque cuantitativo, se toma como población los 4.5km de la carreta trapiche comas y como muestra 1 km de tramo que presenta más fallas, como instrumento se analizó por medio de grupos de ensayo asfáltico, por lo que mediante este proceso se obtuvo resultados mejores comparando con un asfalto convencional, agregando el 0.5% de agregado fino se observa como el asfalto modificado aumenta su estabilidad y a la vez se logra ver el resultado aceptado de estabilidad es 440.4kg con C.R. Verificamos que este asfalto ya alterado aporta mayor rigidez en un 13.24% y ofrece propiedades elásticas, contrastado con una muestra común. Al realizar esta mezcla modificada se obtienen dos grandes cualidades las cuales son muy primordiales para la resistencia ante las deformaciones permanentes. En conclusión se prolonga el tiempo de vida a 10 años ofreciendo un mejor servicio de tránsito vehicular, y es de esta manera como se puede alcanzar la disminución del periodo de

mantenimiento vial en un 37.11% esto ayudando también en la parte económica ahorrando \$ 6913.37 y es esto lo que todo proyecto siempre quiere lograr optar para generar relativamente una ganancia y a la vez realizando un buen proyecto, puesto que también se logra contribuir con el ecosistema disminuyendo el efecto con el reciclado de este caucho.

Así mismo Robles (2018), en su tesis titulada: Comportamiento de la mezcla asfáltica agregando caucho reciclado en pavimentos flexibles, Ate, Lima-Perú, realiza su investigación dirigido a conocer el uso de partículas de caucho reciclado siendo el agregado en mezclas asfálticas como alternativa para dar solución a problemas de tipo mecánico en los pavimentos. Para su tesis tuvo como objetivo identificar las características de una mezcla convencional con una mezcla ya modificada incorporando partículas de caucho reciclado siendo así la disminución de presencia de fisuras. La metodología de su investigación es cuasiexperimental tipo aplicada enfoque cuantitativo, con un muestra y población de 33 briquetas. Obtiene como resultados los siguientes: obtuvo 0,00, de manera que a un nivel de significancia de 0.05 (margen de error del 5%), por ende se puede decir que la implementación de partículas de caucho reciclado influye en el VMA de la mezcla asfáltica convencional en pavimentos flexibles, obtuvo 0,202, de manera que a un nivel de significancia de 0.05 (margen de error del 5%), por ende se puede decir que la incorporación de partículas de caucho reciclado influye en los vacíos de la mezcla asfáltica convencional en pavimentos flexibles. Concluye en que la alteración con C.R. influye de forma significativa respecto a la resistencia de la mezcla asfáltica convencional solo en el indicador estabilidad en pavimentos flexibles.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Variable dependiente diseño de mezcla asfáltica:

Diseño de Mezcla Asfáltica.

Los diseños de pavimento son necesario que fuera procesado de forma sencilla para que sea ejecutado con facilidad, eliminando inconvenientes. Anterior a diseñar estos agregados deben de cumplir con parámetros establecidos de forma nacional, esto con el fin de ser calificados para entrar en la ejecución. Los materiales base deben de ser limpios y calificar a lo especificado en la granulometría. (Rosa Zúñiga C, 2015, p. 23)

Mezcla asfáltica en caliente.

Un asfalto en caliente, el cual tiene como nombre concreto asfáltico, es la mezcla uniformemente dosificada con cemento asfáltico, tiene una temperatura elevada determinada para que así garantice cada eventualidad de asfalto. Estos materiales pueden combinarse en tal armonía cumpliendo con los parámetros requeridos para los detalles establecidos en el diseño. Un pavimento con mezcla asfáltica en caliente compacta, produce y extiende mientras que la temperatura se conserva; estas temperaturas varían entre 135 y 145° C; la temperatura con la que está compuesto varía debido a cada lugar y cada planta. (Celis y Deschamps, 2005, p.5).

También se puede definir como mezcla asfáltica en caliente a la mezcla de áridos en la cual incorpora el polvo mineral con un ligante. Correspondiente a las cantidades relativas de C.A. y áridos llega a las propiedades físicas de la mezcla. A ello corresponde calentar el agregado pétreo y el ligante a una temperatura elevada, siendo bastante superior a la ambiental. En seguida esta mezcla es colocada en la infraestructura. (Rosa Zúñiga C, 2015, p. 23).

Tipos de mezcla asfáltica.

El origen de las diversas calidades de pavimentos es gracias a la variada combinación de materiales, como de ligantes y como minerales agregados, Por consiguiente, los distintos tipos de mezclas asfálticas se clasifican en distintos parámetros, en la tabla 1 se adjuntan los distintos tipos de mezclas asfálticas los cuales son basados en diversos parámetros con respecto a comparaciones.

Tabla 1. *Parámetros de clasificación de las mezclas asfálticas*

PARÁMETRO DE CLASIFICACIÓN	TIPO DE MEZCLA
Temperatura de puesta en obra	En frío En caliente
Vacios en la mezcla	Densas Abiertas Semiabiertas Drenantes
Tamaño del agregado	Gruesas, Finas
Estructura del agregado	Con material llenante Sin material llenante
Granulometría	Uniforme, Continua, discontinua

Fuente: Celis y Deschamps

Los diseños de pavimento flexible (MAT) son elaborados a baja temperatura como 30° C a 50° C que las composiciones asfálticas en caliente (MAC). Por ello comparando con el MAC tiene mejores características ambientales, de ingeniería y económicas. Sin embargo, es necesario identificar las características de la dosificación de materiales, su rendimiento y la respuesta del MAT el cual estas mezclas están integradas en una nueva tecnología (Álvarez, Carvajal, y Reyes, 2015, p. 38).

Asfalto

Se caracteriza a este material con un color marrón oscuro, los elementos que lo componen en mayor porcentaje son los betunes en un 99% el cual es obtenido gracias al petróleo. El cemento asfalto el cual es muy conocido también proviene del petróleo y contiene gran peso molecular. Igualmente, si hablamos referente a su estructura es un poco compleja ya que son hidrocarburos y hetero compuestos. (Botasso, Rebollo, Cuattrocchio y Soengas, 2008, p. 1).

Existen Tipos de asfalto, como asfalto natural, mayormente a estas mezclas asfálticas se logra encontrar en un estado natural lo que forma una mezcla compleja de hidrocarburos sólidos en las cuencas de petróleo, Uno de las fuentes es el Lago de Guanoco, es una de las fuentes principales actualmente se encuentra en Venezuela Estado de Sucre, es un Lago de asfalto más extenso del mundo el cual su medición llega a 4 km² de extensión y 74 millones de barriles de asfalto. (Calle, Cuyate, Diez y Delfín, 2013, p. 1).

Asfaltos Sólidos o Cementos Asfálticos: Los asfaltos sólidos o cementos asfálticos se emplean en mezclas calientes los cuales son usadas en construcciones de pavimentos flexibles especialmente por sus impermeabilizantes y aglomerantes, estas son propiedades que generan flexibilidad, durabilidad y resistencia a la mayor parte de sales, álcalis y ácidos. Estos se clasifican conforme a su consistencia lo

cuales son medidas en un ensayo de penetración. (Portal Petro Perú, 2020, p. 2).

Asfaltos Líquidos: Asfalto Líquido es un cemento asfáltico disuelto en un solvente (Gasolina, Kerosene, Gasoil), conocidos como CUTBACKS. También se denominan asfaltos rebajados o diluidos. Al ser arriesgado a las condiciones atmosféricas, los disolventes se evaporan quedando el suelo de instinto como residuo, este al parecer se conoce con el prestigio de curado (Albornoz Yucely, 2014, p.111).

Asfaltos Modificados: El asfalto modificado nace gracias a la incorporación o disolución lo que llega hacer el producto para un aditivo modificador (polímero o no polímero) son sustancias estables, pero al incrementar la temperatura modifican sus propiedades como susceptibilidad, cohesión, elasticidad. plasticidad y resistencia al envejecimiento. (Forigua y Pedraza, 2014, p. 16).

En general el pavimento es la mezcla exacta de proporciones de calzada y agregados pétreos, estas distribuciones al ser relativas determinan eventualmente el rendimiento y las propiedades físicas.

2.2.2 Variable independiente caucho reciclado:

Caucho reciclado:

[...] En la universidad Nacional del Altiplano en Puno, define al caucho reciclado de llantas como la industria que logra emplear gran cantidad de caucho sintético en todo el producto a nivel comercial, al año se llega utilizar productos diferentes. Con respecto a las llantas exclusivamente en la banda de rodadura, tienen una gran resistencia con respecto al desgaste y menos resistencia a la parte de la rodada que otro elastómero esto gracias al principal lugar que ocupa el polibutadieno. El problema principal comienza cuando el piso se muestra mojado. Para lograr desarrollar este problema lo que se hace es mezclar el polibutadieno con SBR o en cantidades con cierta variedad, dependiendo de la aplicación hule natural. Por ejemplo, los neumáticos utilizados en automóviles especiales para pasajeros se fabrican con SBR, ahora las llantas utilizadas por camiones están fabricadas con Hule natural y polibutadieno. El CRLL es obtenido gracias a llantas que ya no están en uso por parte de los automotores

que luego suelen ser rellenos de municipales o simplemente basureros a cielo abierto incrementando de una manera agresiva la contaminación ambiental que es lo que nos está afectando hoy en día (Carrizales, 2015, p. 2).

También se define como un material elaborado mediante la trituración del caucho reciclado lo cual se obtiene de las llantas en desuso de todo tipo de vehículo de transporte, el cual es conocido como caucho reciclado CR está constituida básicamente por caucho este material es vulcanizado, triturado y separado, este material no es tóxico (WAY, 2016, p. 45).

se evidencia empresas dedicadas a la reutilización de C.R la cual procesa una calzada contra caídas, Estas grandes empresas lo que hacen es separar todo lo que compone al neumático que son el caucho vulcanizado, las fibras y el acero. Los pavimentos deportivos, los céspedes artificiales, el aislamiento acústico y las pistas de atletismo son algunas obras que se han dado incorporado el caucho reciclado. Aproximadamente el 70 % de las llantas son incineradas en hornos de cemento como combustible, afectando de esta manera el medio ambiente ayudando a incrementar el impacto ambiental y las enfermedades públicas a causa de los contaminantes carcinogénicos y mutagénicos además de otros ciertos elementos que causan deficiencia para respirar y problemas circulatorios. (Carrizales, 2015, p. 38).

Tabla 2. *Composición y características de los diferentes tipos de llantas.*

MATERIAL	LLANTAS, AUTOMÓVILES Y CAMIONETAS	LLANTAS CAMIONES Y MICROBUSES
Caucho natural	14%	27%
Caucho sintético	27%	14%
Negro de humo	28%	28%
acero	14 - 15%	14 - 15%
Fibra textil, suavizantes, óxidos, antioxidantes, etc.	16 - 17%	16 - 17%
peso promedio	8,6 kg	45.4 kg
Volumen	0.06 m ³	0.36 m ³

Fuente: Rubber Manufacturers Association

El norteamericano Charles Goodyear en el año 1880 hizo un descubrimiento sobre el proceso de vulcanización el cual fue tomado por el mismo como un descubrimiento accidental. El norteamericano logra darle la resistencia al caucho lo necesario y a la vez solidez para poder lograr elaborarlo. Todo consistió en realizar una mezcla de azufre con el caucho, y después calentarla esto formaba una especie de goma lo que, formada el cuero de calidad, y no lograba disolverse deshacerse con facilidad. A este extraordinario proceso se le colocó de nombre vulcanización, que proviene de la palabra Vulcano (Dios romano de fuego). Año 1887 John Boyd Dunlop de Escocia, Desarrolló el primer Neumático con una cámara de aire, con llevado a utilizar una bomba de aire, llegó inflar una especie de tubos de goma, estos tubos de goma protegen con una lona y les unió a las llantas de las ruedas un triciclo.

En esa actualidad todos tenían llantas fabricadas con goma maciza, pero este sistema permitía que los neumáticos solo generarán una marcha relativamente suave.

El neumático con cámara Dunlop desarrolló un gran momento para el crecimiento del transporte vía terrestre, con las nuevas fabricaciones de automóviles y bicicletas. Ya después de los cauchos sintéticos y naturales se conjugan las distintas materias distintas, hablamos de más de 200 materias para tener el neumático que todo el mundo conoce. (Cervera, 2017, p.20).

El producto del caucho es el vulcanizado granulado el cual proviene de la más grande unidad estratégica con respecto al reciclaje lo que pone en darle valorización sacándole provecho a las llantas en desuso. Se logra obtener por medio de un proceso de trituración mecánica y con una separación de materiales lo que constituyen a una llanta. (Pereda y Cuba, 2015, p. 71).

Agregados pétreos:

Los agregados pétreos se definen como materiales granulares sólidos que en su mayoría son de uso en las carreteras para los afirmados utilizados ya sea con aditivos o sin, desarrollándose con una granulometría adecuada. Son útiles para la elaboración de productos resistentes los cuales son artificiales, por medio de la unión para su mezcla con materiales aglomerantes. (Carrizales, 2015, p. 29).

Tipos de agregados pétreos:

Son utilizados solamente luego de ser modificados por su distribución de tamaño para lograr adaptarse a ciertas exigencias según su disposición final. Agregados de Trituración. Es la obtención de un mecanismo de destrucción de rocas o de agregados naturales de rechazo emitidos luego de una granulometría, en esto influye todos los materiales de cantera los cuales son adecuados según sus propiedades físicas. (Carrizales, 2015, p. 46).

Método de diseño Marshall.

El método original de Marshall, únicamente se aplica a mezclas asfálticas en caliente para pavimentos que tengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm o menor. El método modificado se elabora para tamaños máximos para la parte de arriba a 38 mm (1.5"). Respecto a la prueba de estabilidad se denomina empírica, lo importante de los resultados en términos de poder estimar el comportamiento en el campo se llega a perder cuando se hacen modificaciones a los procedimientos estándar. (Anguas, Alamilla, Gómez, Romero y Alarcón. 2004, p. 15).

Pruebas a las mezclas asfálticas compactadas.

En el método Marshall se aplican tres parámetros para hallar características volumétricas como mecánicas.

Determinación de la gravedad específica.

El ensayo de la gravedad específica establece procesarse de inmediato para que el prototipo haya bajado su temperatura en más de la mitad. Este ensayo se procesa basado en los requerimientos con la Norma ASTM D1188, gravedad específica de combinaciones asfálticas compactadas empleando parafina; o ASTM D2726, gravedad específica de mezclas asfálticas compactadas aplicando superficies saturadas de especímenes secos. Para encontrar cuál norma se requiere aplicar, se desarrollará ensayos de absorción a la mezcla asfáltica compactada; si la absorción es mayor al 2%, se utiliza la Norma ASTM D1188, en todo caso, se recurre a la Norma ASTM D2726. (Anguas, Alamilla, Gómez, Romero y Alarcón. 2004, p. 26).

Prueba de estabilidad y flujo.

La estabilidad y flujo se refiere básicamente a la elaboración del baño María a $60\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($140\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 1.8\text{ }^{\circ}\text{F}$) desarrollándose a un tiempo estimado de 30 min esto antes de realizar el ensayo, cuando ya se esté con el equipo de prueba listo, se mueve el espécimen de prueba del baño María y se pasa de manera cuidadosa a secar únicamente la superficie. introduciendo en la mordaza inferior, posteriormente se pasa a emplear la mordaza superior, después se aplica la carga de prueba al espécimen a una deformación constante de 51 mm (5") por minuto, hasta que logre ocurrir la falla. Este punto de falla se define por la lectura de carga máxima obtenida. El número total de Newtons (lb) que se requieren para que se logre producir la falla del espécimen deberá registrarse como el valor de estabilidad Marshall. (Anguas, Alamilla, Gómez, Romero y Alarcón. 2004, p. 32).

Análisis de densidad y vacíos.

Luego de procesar las pruebas de flujo y estabilidad, se realiza el análisis de densidad y vacíos para cada una de las series de especímenes de prueba. (Anguas, Alamilla, Gómez, Romero y Alarcón. 2004, p. 35).

2.3 Marco Conceptual

Asfalto.

El material de la calzada flexible es aglomerante cuyas características determinan a un material resistente, adhesivo, duradero y altamente improbable; con la capacidad de soportar esfuerzos instantáneos y trabajar de una manera fluida en condiciones en la cual la haya temperaturas altas o cargas permanentes. El asfalto es el componente principal natural de los petróleos, de los que existen en disolución y se tiene como residuo de la destilación del vacío del crudo pesado (Ángulo, 2015, p.3).

Pavimento.

Estructura construida por medio de coberturas de agregados donde sus propiedades mecánicas y dimensiones de volúmenes han logrado todas las especificaciones y dimensiones, de tal manera que las cargas que son aplicados por medio del tráfico sean establecidas y reducidas llegadas a la sub-rasante, además la estructura vial debe resistir la condición ambiental puesta por el lugar a trabajar. (Morales, Chávez, y López, 2009, p. 17).

Pavimento flexible.

Estructuras viales que trabajan distribuyendo dichos esfuerzos aplicados a ciertas áreas de menor tamaño debido a su rigidez menor, esto tiende generalmente a presentar deformaciones y únicamente llega recuperar su condición natural luego que se haya retirado la carga. Este tipo de pavimentos está compuesto por capas las cuales no son rígidas, esto referido a la sub-base y base, Al nivel internacional existen distintos tipos de asfaltos por lo tanto existen diferentes maneras de construir un pavimento. En el país de Nicaragua estos son los más comunes: Mezcla asfáltica en frío, Mezcla asfáltica en caliente y tratamiento asfáltico. (Morales, Chávez, y López, 2009, p. 17).

Vacíos.

Las partículas de aire que quedan dentro de la mezcla son pequeños espacios de oxígeno, bolsas de aire, que están disponibles entre los totales en la última combinación minimizada. Es importante que todos los niveles de combinaciones de degradado contengan un nivel específico de sectores vacíos para permitir un agregado de compactación en el punto de bloqueo de hora punta y dar espacios. (Alberto R y S Figueroa.2008 p 34)

Flexibilidad.

Se define a la flexibilidad como la capacidad de un pavimento que de cierta manera pueda lograr acomodarse sin que llegue a agrietar, con respecto a los asentamientos graduales y movimiento de la subrasante. En todo pavimento asfáltico la flexibilidad llega a ser el punto más deseable debido a que por las cargas virtuales las subrasantes se llegan a asentar mediante cargas o también se pueden expandir.

Al hablar de una mezcla con un contenido elevado lo cual evidencia mucha más flexibilidad que una mezcla de menor contenido de asfalto. Ciertas veces lo que más se requiere de la flexibilidad entrar en conflicto con lo que se quiere en estabilidad, de tal forma que se debe buscar la armonía de los mismos (Montalvo, 2008).

Granulometría.

Para establecer una granulometría aceptable se emplea la metodología Marshall realizando una figura tipo semilogarítmica en la cual en la ordenada se encuentran el porcentaje de agregado que fluye por la malla esperada, y en la abscisa se encuentran las ranuras de las mallas en mm, evidenciadas gráficamente en forma logarítmica. (Anguas, Alamilla, Gómez, Romero y Alarcón. 2004, p. 20).

Una curva granulométrica con respecto a la elaboración de una mezcla asfáltica densa o cerrada, cumple dos requerimientos: el tamaño máximo nominal del material y las líneas de control, para esto las líneas de calidad son básicamente los puntos estrictamente necesarios para la curva granulométrica. Los tamaños máximos nominales comúnmente analizados, así como sus líneas de calidad son indispensables para la ASTM D3515. (Anguas, Alamilla, Gómez, Romero y Alarcón. 2004, p. 21).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de Investigación

Una investigación aplicada se caracteriza por direccionarse en objetivos de forma práctica en el entendido de dar solución a incógnitas detectadas en un espacio del conocimiento. Se encuentra asociada al descubrimiento e identificación de necesidades o problemas concretos y al anhelo del investigador de brindar una propuesta de solución (Hernández y Col 2016 p. 103).

Nuestra tesis es de tipo aplicada debido a que se realizó ensayos a briquetas normalizadas (práctica), para obtener resultado con respecto al comportamiento a la resistencia a la deformación del diseño asfáltico (problema).

Diseño de investigación

Una investigación experimental en el que se logra manipular como mínimo una variable y las unidades se elaboran de forma arbitraria en los diferentes rangos y niveles de variables. (Alzamora, 2017, p. 4).

El diseño de esta investigación es experimental, enfoque cuantitativo. Para este experimento contaremos con dos diseños de mezcla asfáltica distribuidos en 24 briquetas.

3.2. Variables y operacionalización:

Variable:

- Independiente:

Diseño de mezcla asfáltica en caliente.

- Dependiente:

Incorporación del caucho reciclado

operacionalización:

tabla 3. *Matriz de operacionalización de variables.*

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Mezcla asfáltica	Vizcarra J. (2016) La mezcla asfáltica está formada por un conjunto que componen materiales pétreos y C.A. esto es aplicado para la calzada en pavimentación, previo transporte, extensión y compactación. (p. 20).	Se medirá mediante sus dimensiones e indicadores.	Ensayos especiales de mezcla Asfáltica Método Marshall	Flexibilidad Vacíos Estabilidad y Flujo Rotura de briquetas Estabilidad máxima Deformabilidad	Intervalo
Incorporación de caucho reciclado	Cervera (2016) considera que “la reutilización de neumáticos es de amplio uso en aquellos países que poseen normativas ambientales	La variable incorporación caucho reciclado se medirá mediante sus dimensiones e indicadores.	Evaluación y Análisis Físico del CR	Peso específico Densidad de vacíos	Intervalo

	<p>claras y eficientes, su vida útil depende de la calidad del neumático en general, el tipo de caucho, el uso y tratamiento que el mismo reciba en su fabricación". (p. 30).</p>		<p>Propiedades Físicas y mecánicas del CR</p>	<p>Absorción</p> <p>Granulometría</p>	
--	---	--	---	---------------------------------------	--

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población:

Población tiene un concepto de grupo o total de objetos, individuos, medidas o individuos, los cuales contienen las características comunes y observables en un determinado momento y lugar. (Hernández, 2013, p. 2).

En esta investigación se tomó como población 24 briquetas para determinar cómo el caucho reciclado combinado en proporciones adecuadas, mejora en forma positiva el aumento de su resistencia a la deformación.

Muestra:

El ejemplar es un segmento de los elementos de una población que son seleccionados para un estudio de la misma condición y característica. (Carrillo, 2015, p. 8).

La muestra que se tomó en esta investigación son 24 briquetas de asfalto tradicional, 12 briquetas son mezclas asfálticas en caliente sin adición del CR y 12 briquetas son mezclas asfálticas modificadas con adición del CR, con diferentes contenidos de Cemento Asfáltico (C.A %).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Técnicas:

La técnica es la forma de recorrer el camino que se delinea en el método. El método son las diversas estrategias empleadas para tener la información requerida y así lograr construir el conocimiento que se está investigando, por otro lado, el procedimiento alude a las condiciones que ejecuta a la técnica. Esta técnica es la encargada de establecer las normas de etapa de procesos de investigación, así como también propone los instrumentos de recolección, medición, clasificación, análisis de datos y correlación, también proporciona los medios para establecer el método. Las técnicas permiten la recolección de cada información. (Martínez, 2013, p. 3).

En esta investigación se aplicó la técnica de la observación a los diferentes ensayos realizados en el laboratorio.

Instrumentos de recolección de datos:

El estudio del instrumento no considera la espaciosidad de modo estrecha, debido a que los interesados en un pensamiento partida como en el espacio básicamente. El quebradero de cabeza de percibir la aptitud de aforo está unido de forma reservada con el croquis del experimento y posteriormente con la cimentación de los ítems establecidos a esos planes y a los contenidos del batiente teórico. Un aparato de medición debe haber representado que engloban los ítems a medir. (Corral, 2009, p. 231).

En nuestra investigación se utilizó el instrumento de la ficha técnica normalizada a continuación Instrumentos de recolección son las fichas técnicas como el informe de análisis granulométrico ASTM C-136, ficha técnica Marshall ASTM D-1559, resistencia conservada AASHTO T-283.

Validez:

La validez está dirigida a evidenciar procedimientos son: Interrogar a grupos conocidos, Inspeccionar el comportamiento y verificar datos previos. Al poder considerar la eficiencia es sumamente necesario conocer qué características se requieren estudiar. (Corral, 2009, p. 30).

En nuestra tesis la validez se empleó elaborando documentos firmados y sellados por especialistas ingenieros civiles para dar validez al experimento planteado.

Confiabilidad:

Se define confiabilidad cuando se responde a la siguiente interrogante ¿con qué frecuencia los ítems, reactivos o actividades representan al lugar de donde fueron asignados? La palabra confiabilidad [...] designa la inocencia con que un grupo de puntajes de pruebas realiza una medición a lo que tendrían que medir” (Corral, 2009, p. 103).

Se presenta la investigación contrastando ensayos realizados en laboratorio Geonaylamp S.A.C. con maquinarias calibradas, se adjuntan certificados de calibración en anexos número 04.

3.5. Procedimiento

Para la presente tesis se ha comprado material para la mezcla asfáltica, de la cantera Christopher ubicado en Jr. Sánchez Cerro nro. 9n interior 5 urb. Progreso Carabayllo y la cantera trapiche a continuación los ensayos realizados.

Ensayo de peso unitario y peso compactado agregado grueso

Se apartó una muestra de 13 kg para luego verterlo a un recipiente normado con peso de molde 4141 gr. y volumen del molde 9308.5 cm³, se procedió con la caída libre de la piedra chancada a una distancia de 10 cm del molde, luego se procedió con rasar el recipiente del material excedente, esto fue para la muestra sin compactar, para el compactado se usó un avarilla normada, se

compacta con 25 golpes en tres capas en base a ello se procedió a anotar los pesos unitarios.

Ensayo de peso unitario y peso compactado agregado fino

Se apartó una muestra de 14 kg para luego verterlo a un recipiente normado con peso de molde 4141 gr. y volumen del molde 9308.5 cm³, se procedió con la caída libre de la arena triturada a una distancia de 10 cm del molde, luego se procedió con rasar el recipiente del material excedente, esto fue para la muestra sin compactar, para el compactado se usó un avarilla normada, se compacta con 25 golpes en tres capas en base a ello se procedió a anotar los pesos unitarios.

Análisis granulométrico

Según la norma técnica Peruana NTP 339.128 Y ASTM D422, se realizó el análisis granulométrico para agregado grueso. Primero se realizó el análisis de peso unitario y peso compactado, se realizó el peso específico de agregados finos y grueso y absorción, establecer las proporciones de caucho triturado a utilizar en la mezcla de diseño. Mezclar los materiales con la cantidad de caucho que corresponda. Agregar el asfalto anticipadamente calentado con calor de mezclado a 150 °C, a la mezcla de los materiales con caucho y mezclarlos.

Ensayo de gravedad específica y absorción

Los materiales usados para este proceso fueron la fiola agua destilada, agregado fino arena triturada, cono y pisón normalizado, el material se dejó sumergido en agua por 24 horas para luego de la saturación de superficie seco (SSS), se compacto arena fina para el ensayo de humedad dando 25 golpes a 1 pulgada, es óptimo cuando se desprende una cantidad mínima conservando la forma cónica.

Ensayo Marshall

Se procedió a distribuir material para las 24 briquetas un aproximado por briqueta de 700 gr de material entre agregado grueso y agregado fino más cemento asfáltico y caucho reciclado para el diseño modificado, luego se procedió compactar las briquetas con 75 golpes por cara dirigido a un tránsito alto, luego se procede a desmoldar las briquetas que estuvieron en reposo 24 horas según normativa, por consiguiente se procedió a sumergir las muestras convencionales y las muestra modificadas en aguas durante 30 minutos, se procede con el pesaje por desplazamiento y al aire, luego las briquetas estuvieron en la máquina de baño maría por 30 minutos a 60° C , estuvo en reposo por 30 minutos para luego proceder con la rotura de las briquetas.

3.6. Método de análisis de datos

El Análisis Cuantitativo, emplea el acopio de información para evidenciar hipótesis como punto de partida la medición mecánica y el proceso estadístico, para aclarar algoritmos de comportamientos y evidenciar teorías (Muses y Fermina, 2015, p. 2).

El método de análisis de datos se obtendrá mediante ensayos físicos con la ayuda del método Marshall para la tabulación y análisis de datos, para luego ser comparados y procesados con tesis con variables similares.

3.7. Aspectos éticos

Durante la realización de este proyecto los investigadores han venido respetando las normas internacionales ISO 690-1 y 690-2, el proyecto no ha sido plagiado, todo el contenido es veraz y confiable, los datos obtenidos en laboratorio serán totalmente veraces y tendrán la certificación correspondiente.

Según el reglamento de ÉTICA RCUN°0262-2020-UCV en el artículo 9 menciona la política anti plagio, se considera un delito, por ello mencionan un software que determinará el índice de similitud, nuestra investigación paso por dicho software turnitin para posicionarse en una investigación veraz.

VI. RESULTADOS

Primer objetivo específico: Determinar el contenido óptimo de mezcla asfáltica en caliente con la implementación del caucho reciclado aplicando el método Marshall en Lima, 2020.

Tabla 4. Análisis granulométrico agregado grueso según ASTM C136.

TAMI Z ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)					CANTERA: "Cristopher"	
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenid o	% Acum .	% Pas a		
1"	25.400	-	-	-	100.0		
3/4"	19.050	-	-	-	100.0	Cálculos.	
1/2"	12.700	374.0	26.4	26.4	73.6	Tara	K-7
3/8"	9.525	430.0	30.4	56.8	43.2	Peso de Tara	750.00 g
1/4"	6.350	-	-			Tara + muestra Humeda	2,172.00 g
N° 4	4.760	604.0	42.7	99.5	0.5	Tara + muestra Seca	2,165.00 g
N° 6	3.360	-	-			Contenido de Humedad (%)	0.49
N° 8	2.380	-	-				
N° 10	2.000	-	-	99.5	0.5	Muestra Seca	1,415.0 g
N°16	1.190	-	-				
N° 20	0.840	-	-	99.5	0.5		
N° 30	0.590	-	-				
N° 40	0.426	-	-	99.5	0.5		
N° 50	0.297	-	-			Proporciones Agregados.	
N° 80	0.177	-	-	99.5	0.5	Agregado Grueso.	99.5 %
N° 100	0.149	-	-			Agregado Fino.	0.5 %
N° 200	0.074	-	-	99.5	0.5	Fino Malla 200.	0.0 %
-200	-	7.0	0.5	100.0			

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En el cuadro cuatro están los pesos retenidos del agregado grueso en la malla 1/2" con 374 gr. Con un porcentaje retenido de 26.4%, en la malla 3/8" un peso de 430 gr. Y en el tamiz N°4 604 gr. con un porcentaje retenido de 42.7%, se observa también la muestra seca de 1.412 Kg.

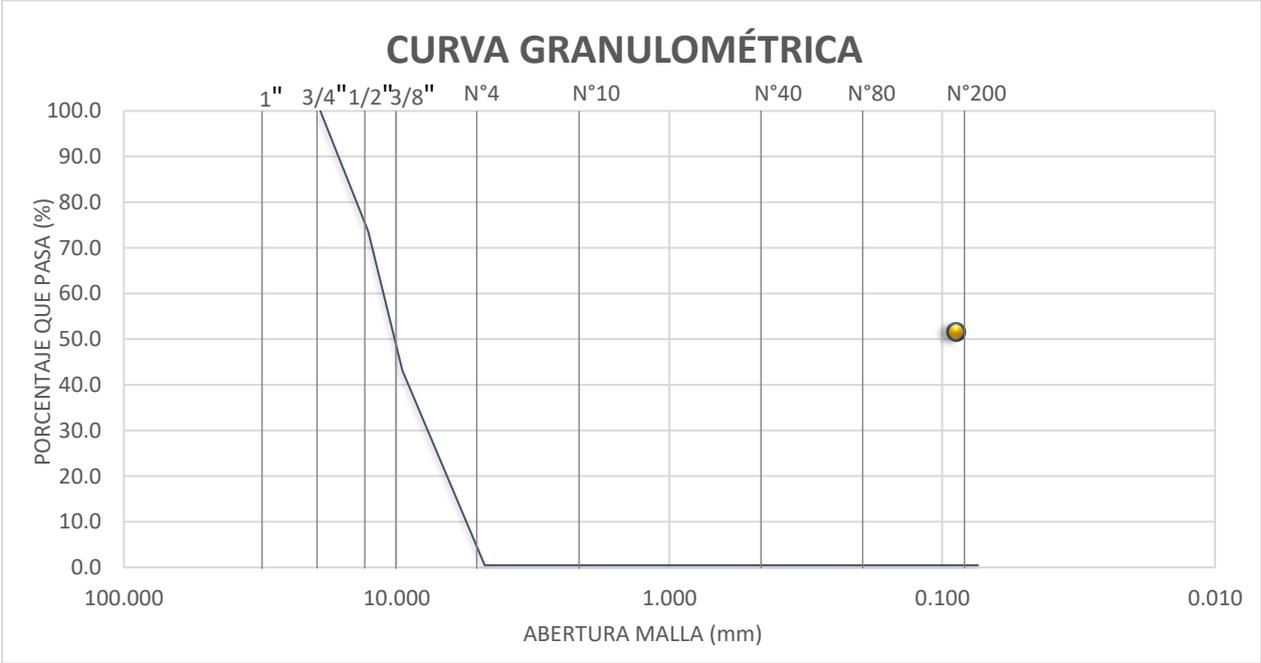


Gráfico 1. Curva granulométrica de agregado grueso.

Interpretación: En el gráfico 1 se evidencia el material pasante en los tamices 3/4", 1/2", 3/8" y N°4 lo cual llega a ser en el mismo orden de 100%, 73.6%, 43.2% y 0.5%

Tabla 5. Análisis granulométrico agregado fino según ASTM C136.

TAMI Z ASTM	ANALISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)					CANTERA: "Trapiche"	
	ABERT. mm	Pes o, g	% Retenid o	% Acum .	% Pas a		
1"	25.400	0	-	-	100. 0		
3/4"	19.050	-	-	-	100. 0	Cálculos.	
1/2"	12.700	-	-	-	100. 0	Tara	U-5
3/8"	9.525	-	-	-	100. 0	Peso de Tara	206.20 g
1/4"	6.350	-	-	-	100. 0	Tara + muestra Húmeda	1,198.00 g
N° 4	4.760	56.4	5.7	5.7	94.3	Tara + muestra Seca	1,190.00 g
N° 6	3.360	-	-			Contenido de Humedad (%)	0.8 %
N° 8	2.380	158. 8	16.1	21.9	78.1		
N° 10	2.000	32.6	3.3	25.2	74.8	Muestra Seca	983.8 g
N°16	1.190	-	-				
N° 20	0.840	-	-				
N° 30	0.590	-	-				
N° 40	0.426	385. 3	39.2	64.3	35.7		
N° 50	0.297	-	-			Proporciones Agregados.	
N° 80	0.177	179. 0	18.2	82.5	17.5	Agregado Grueso.	5.7 %
N° 100	0.149	-	-			Agregado Fino.	94.3 %
N° 200	0.074	99.4	10.1	92.6	7.4	Fino Malla 200.	0.0 %
-200	-	72.3	7.4	100.0			

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En la tabla 5 observamos material retenido en la malla número 4 con 56.4 gr. tamiz número 8 con 158 gr. Tamiz número 10 32 gr. Tamiz número 40 con 385.3 gr. Tamiz número 80 179 y tamiz número 200 con 99.4 gr. El peso de la muestra fue de 983.8 gr.

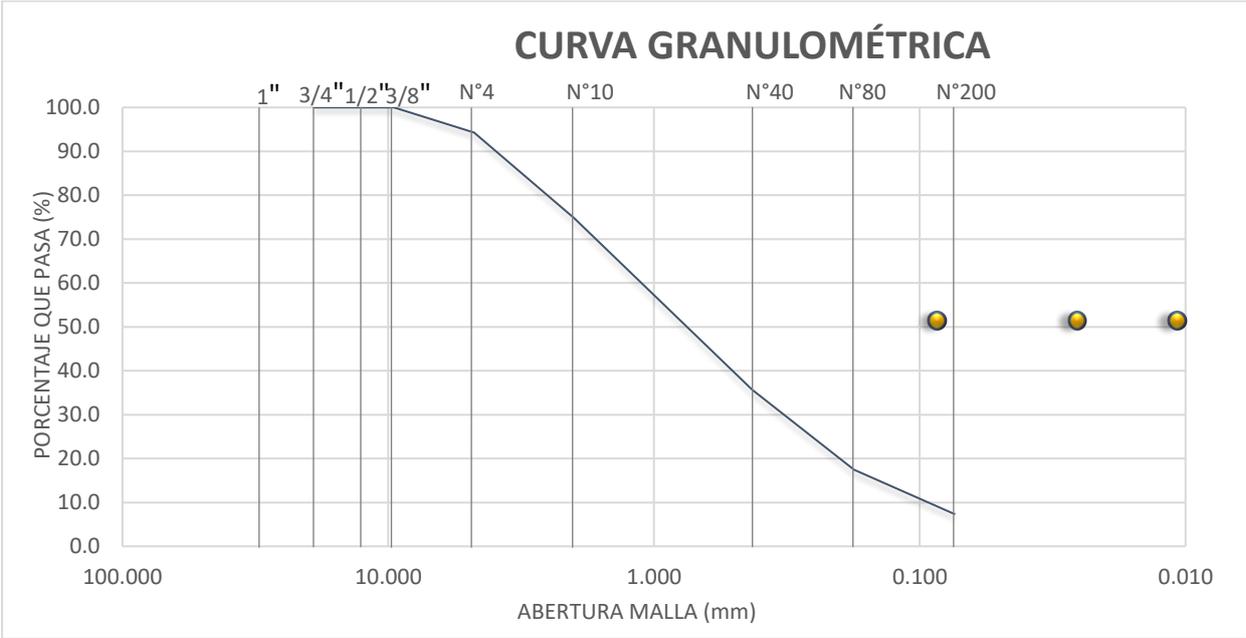


Gráfico 2. Curva granulométrica de agregado fino.

Interpretación: En el gráfico 2 se observa los porcentajes pasantes 1/4", N°4, N°8, N°10, N°40, N°80 y N°200 los porcentajes en el mismo orden 100%, 94.3%, 78.1%, 74.8%, 35.7%, 17.5% y 7.4% de arena triturada.

Tabla 6. Abrasión de los Ángeles grava triturada.

ENSAYO ABRASIÓN LOS ÁNGELES (MTC E207)		
MUESTRA	1	2
GRADACIÓN	"B"	"B"
PESO MUESTRA	5000	5000
1.1/2" - 1"		
1" - 3/4"		
3/4" - 1/2"	2500	2500
1/2" - 3/8"	2500	2500
3/8" - 1/4"	-	-
1/4" - N° 4	-	-
N° 4 - N° 8	-	-
RETENIDO N°12	4410	4421
PASA N° 12	590	579
% DESGASTE	11.8	11.6
PROMEDIO	11.7 %	

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En el cuadro seis se obtiene evidencia mediante la ficha técnica los porcentajes de desgaste en la muestra 1 tiene un 11.8% y en la muestra 2 11.6% se tiene una muestra de 5 Kg para el ensayo mencionado, resulta un promedio de desgaste de 11.7%.

Tabla 7. Pesos unitarios en caída libre y compactado del agregado grueso.

INFORME DE ENSAYO PESOS UNITARIOS (MTC E203)				
EJEMPLAR		1	2	3
A	Peso Mat.+ Molde	17890.0	17850.0	17910.0
B	Peso Molde	4141.0	4141.0	4141.0
C	Peso de Material	13749	13709	13769
D	Volumen del Molde	9308.5	9308.5	9308.5
E	Peso Unitario	1477.0	1472.7	1479.2
	PROMEDIO	1476.3 kg/m3		
PESO UNITARIO COMPACTADO				
EJEMPLAR		1	2	3
A	Peso Mat.+ Molde	18600.0	18620.0	18630.0
B	Peso Molde	4141	4141	4141
C	Peso de Material	14459	14479	14489
D	Volumen del Molde	9308.5	9308.5	9308.5
E	Peso Unitario Varillado	1553.3	1555.5	1556.5
	PROMEDIO	1554.4 kg/m3		

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En la tabla 7 se observa el peso unitario en caída libre con un promedio de 1476.3 kg/m³, y el peso unitario compactado de 1554.4 kg/m³. La diferencia de cantidades promedio tiene dicha explicación, en tanto a pesos unitarios se realizó en caída libre a 10 cm de distancia, con respecto al peso unitario compactado se procesó con tres capas de 25 golpes.

Tabla 8. Resultados ensayo gravedad específica y absorción (Agregado grueso).

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (MTC E206)						
AGREGADO GRUESO						
EJEMPLAR			1	2	PROM.	
A	Peso del mat. sat. superf. seco (en el aire)	(g)	795.7	814.0		
B	Peso del mat. sat. superf. seco (en el agua)	(g)	489.3	501.6		
C	Vol. de masa + Vol. de vacíos	(cc)	306.40	314.0		
D	Peso del material seco en el horno (105°C)	(g)	791.80	810.5		
E	Vol. de masa	(g)	302.50	310.5		
F	Peso específico bulk (base seca)	(g./cc)	2.584	2.581	2.583	
G	Peso específico bulk (base saturada)	(g./cc)	2.597	2.592	2.595	
H	Peso específico aparente (base seca)	(g./cc)	2.618	2.610	2.614	
I	% de absorción		0.5	0.4	0.5	

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En la tabla 8 se observa peso específico base seca con un promedio de 2.583 gr, peso específico base saturada con un promedio de 2.595 gr, peso específico aparente base seca con un promedio de 2.614 gr, y un % de absorción promedio de 0.5%.

Tabla 9. Resultados ensayo partículas chatas y alargadas en los agregados (grava triturada).

PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (ASTM D4791)						
Dimensión de la grava		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz.	(g)	(g)	(B/A)*100)	%	(Cx D)/100)
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	494.3	14.0	2.8	44.19	1.25
1/2"	3/8"	324.9	15.1	4.6	29.05	1.35
3/8"	1/4"	299.3	13.2	4.4	26.76	1.18
					TOTAL	3.78 %

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En el cuadro nueve observamos el porcentaje de la muestra en dimensiones alargadas y dimensiones chatas, el resultado está presente se ubica dentro del marco de la legalidad con un 3.78%.

Tabla 10. Resultados de caras fracturadas.

ENSAYO PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS (MTC E210)						
Porcentaje con una cara fracturada						
Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido T.	(g)	(g)	(B/A)*100)	% Parcial	CxD
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"		494.3	100.0	44.19	44.19
1/2"	3/8"		324.9	100.0	29.05	29.05
3/8"	1/4"		299.3	100.0	26.76	26.76
					TOTAL	100.0 %
Porcentaje con dos o más caras fracturadas						
Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido T.	(g)	(g)	(B/A)*100)	% Parcial	CxD
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	494.3	494.3	100.0	44.19	44.19
1/2"	3/8"	324.9	324.9	100.0	29.05	29.05
3/8"	1/4"	299.3	299.3	100.0	26.76	26.76
Total:						
					TOTAL	100.00 %

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En la tabla 10 observamos material que pasa por la malla 3/4" y retiene en la 1/2" con un peso de 494.3 gr y 44.19% promedio. Luego material que pasa por la malla 1/2" y retiene en la 3/8" con un peso de 324.9 gr y 29.05% promedio también material que pasa por la malla 3/8" y retiene en la 1/4" con un peso de 299.3 gr y 26.76% promedio los tres representan material una cara fracturada. Luego tenemos material que pasa por la malla 3/4" y retiene en la 1/2" con un peso de 494.3 gr y 44.19% promedio. Luego material que pasa por la malla 1/2" y retiene en la 3/8" con un peso de 324.9 gr y 29.05% promedio, también material que pasa por la malla 3/8" y retiene en la 1/4" con un peso de 299.3 gr y 26.76% promedio, los tres representan material una o dos caras fracturadas.

Tabla 11. *Ensayo equivalente de arena según MTC E514.*

EQUIVALENTE DE ARENA (MTC E514)		
DESCRIPCIÓN	MUESTRAS	
	1	2
Tamaño máx. (malla N° 4) mm	4.76	4.76
Hora de entrada a saturación	08:53	09:01
Hora de salida de saturación (10')	09:03	09:11
Hora de entrada a decantación	09:05	09:13
Hora de salida de decantación (20')	09:25	09:33
Lectura Inicial pulg	5.0	5.0
Lectura Final pulg	3.2	3.2
Equivalente de Arena %	64.0	64.0
PROMEDIO	64.0 %	

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En la tabla 11 observamos el tamaño máximo que pasa por la malla N°4 equivalente al material arena con un porcentaje promedio de 64.0%.

Tabla 12. Resultado ensayo gravedad específica y absorción.

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (MTC E206)					
AGREGADO FINO					
EJEMPLAR			1	2	PROM.
A	Peso del mat. sat. superf. Seco (en el aire)	(g)	500.00	500.00	
B	Peso fiola calibrada con agua	(g)	697.49	697.49	
C	Peso fiola con agua + peso del mat. s.s.s.	(g)	1197.49	1197.49	
D	Peso del mat. + peso fiola + H ₂ O	(g)	1001.77	1001.59	
E	Vol. de masa +vol. de vacios	(cc)	195.72	195.90	
F	Peso mat. seco en el horno (105°C)	(g)	495.02	494.96	
G	Vol. de masa	(g)	190.74	190.86	
H	Peso esp. bulk (base seca)	(g./cc)	2.529	2.527	2.528
I	Peso esp. bulk (base saturada)	(g./cc)	2.555	2.552	2.553
J	Peso esp. aparente (base seca)	(g./cc)	2.595	2.593	2.594
K	% de absorción		1.0	1.0	1.0

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En la tabla 12 se observa peso específico base seca con un promedio de 2.528 gr, peso específico base saturada con un promedio de 2.553 gr, peso específico aparente base seca con un promedio de 2.594 gr, y un % de absorción promedio de 0.5%.

Tabla 13. Resultado ensayo pesos unitarios arena triturada.

ENSAYO PESOS UNITARIOS (MTC E203)				
PESO UNITARIO SUELTO				
EJEMPLAR		1	2	3
A	Peso Mat.+ Molde	6070.0	6075.0	6080.0
B	Peso Molde	1824.0	1824.0	1824.0
C	Peso de Material	4246	4251	4256
D	Volumen del Molde	2812.6	2812.6	2812.6
E	Peso Unitario	1510	1511	1513
PROMEDIO		1511 kg/m3		
PESO UNITARIO COMPACTADO				
EJEMPLAR		1	2	3
A	Peso Mat.+ Molde	6580.0	6576.0	6578.0
B	Peso Molde	1824	1824	1824
C	Peso de Material	4756	4752	4754
D	Volumen del Molde	2812.6	2812.6	2812.6
E	Peso Unitario Varillado	1691	1690	1690
PROMEDIO		1690 kg/m3		

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En el cuadro trece se observa el peso unitario arena triturada en caída con un promedio de 1511 kg/m3, y el peso unitario compactado de 1690 kg/m3.

Tabla 14. Resultados de análisis granulométrico de agregados para la muestra patrón, según ASTM C136.

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)					MAC-2	
	ABERT. mm	Grav a	Arena triturada	Filler	% Pasa		
1"	25.400						
3/4"	19.050	100.0	100.0		99.5	100.0	100.0
1/2"	12.700	73.6	100.0		89.5	80.0	100.0
3/8"	9.525	43.2	100.0		77.9	70.0	88.0
1/4"	6.350						
N° 4	4.760	0.5	94.3		58.2	51.0	68.0
N° 6	3.360						
N° 8	2.380						
N° 10	2.000	0.5	74.8		46.2	38.0	52.0
N°16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.426		35.7	100.0	22.6	17.0	28.0
N° 50	0.297						
N° 80	0.177		17.5	100.0	11.4	8.0	17.0
N° 100	0.149						
N° 200	0.074		7.4	99.5	5.0	4.0	8.0
-200	-						
Mezcla de agregados							
Prueba N° 01		38.0	61.5	0.5			

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En la tabla 14 observamos la mezcla de agregados 38% de grava, arena triturada 61.5% y 0.5 de filler.

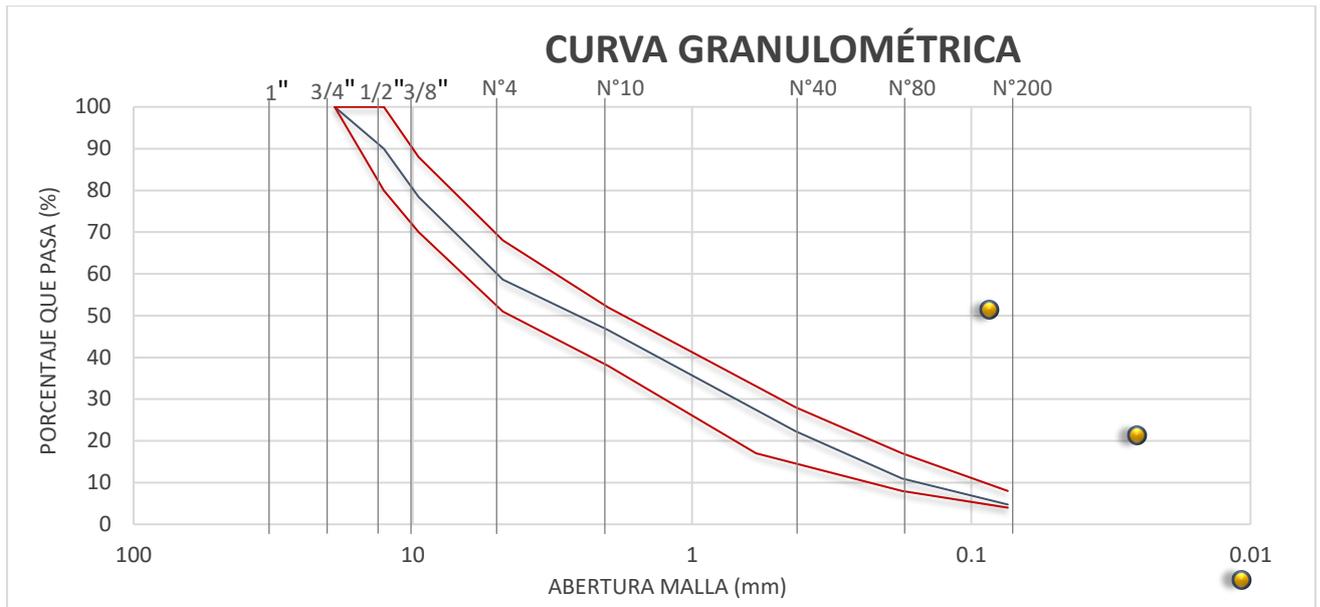


Gráfico 3. Curva granulométrica, agregados para la muestra patrón.

Interpretación: En el gráfico 17 se evidencia el material pasante en los tamices 3/4" pasa 99.5%, 1/2" 89.5%, 3/8" 77.9%, N°4 58.2%, N°10 46.2%, N°40 22.6%, N°80 11.4% y N°200 5.0%.

Segundo objetivo específico: Determinar la influencia de la implementación de caucho reciclado con el agregado y cemento asfáltico en el diseño de carpeta asfáltica en Lima, 2020

Tabla 15. Diseño de 5% de cemento asfáltico PEN 60/70, 3 briquetas.

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100	99.5	89.5	77.9	58.2	46.2	22.6	11.4	5.0
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39.74			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54.78			
4	% Cemento Portland					0.48			
5	Peso Específico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018			
6	Peso Específico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.583			
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.528			
8	Peso Específico del Cemento portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briketa cm								
12	Peso de la briketa al aire (gr)				1212.0	1212.0	1212.0		
13	Peso de la briketa al agua por 60´(gr)				1214.0	1214.0	1214.0		
14	Peso de la briketa desplazada (gr)				681.0	681.0	683.0		
15	Volumen de la briketa por desplazamiento (cc) = (13-14)				533.0	533.0	531.0		
16	Peso especifico Bulk de la Briketa = (12/15)				2.274	2.274	2.282	2.277	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.429			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				6.4	6.4	6.0	6.3	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.553			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.620			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.02			
22	% de Asfalto Efectivo					4.03			
23	Relación Polvo/Asfalto					0.80			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				15.4	15.4	15.1	15.3	14
25	% Vacios llenos con C.A.				58.6	58.6	60.0	59.0	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				12.0	13.0	14.0	13.0	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1090	1054	1076		
28	Factor de estabilidad				0.96	0.96	0.96		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1046	1012	1033	1030	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3488	3113	2951	3184	1700 - 4000

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En la tabla 15 observamos el informe con 5% de C.A. en masa por gravedad de la Mezcla donde rescatamos el peso de la briqueta en el aire retenido en la malla N°4 con un peso de 1212.0 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 1212.0 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 1212.0 gr. Tenemos la masa multiplicada por la gravedad de la muestra al agua por 60 minutos, en la malla N°4 con un peso de 1214.0 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 1214.0 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 1214.0 gr, por último tenemos al peso de la briqueta desplazada en la malla N°4 con un peso de 681.0 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 681.0 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 683.0 gr.

Tabla 16. Diseño de 5.5% de cemento asfáltico PEN 60/70, 3 briquetas.

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100	99.5	89.5	77.9	58.2	46.2	22.6	11.4	5.0
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39.53			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54.49			
4	% Cemento Portland					0.47			
5	Peso Específico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018			
6	Peso Específico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.583			
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.528			
8	Peso Específico del Cemento portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1212.0	1213.0	1210.0		
13	Peso de la briqueta al agua por 60´(gr)				1213.0	1214.0	1211.0		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				686.5	685.0	684.0		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				526.5	529.0	527.0		
16	Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.302	2.293	2.296	2.297	

17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)		2.416			
18	% de Vacios = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203)	4.7	5.1	4.9	4.9	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total		2.553			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total		2.625			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado		1.09			
22	% de Asfalto Efectivo		4.47			
23	Relacion Filler/Betun		0.88			0.6 - 1.3
24	V.M.A.	14.8	15.1	15.0	15.0	14
25	% Vacios llenos con C.A.	68.2	66.5	67.1	67.3	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)	14.0	13.0	14.0	13.7	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)	1159	1126	1134		
28	Factor de estabilidad	0.96	0.96	0.96		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28	1113	1081	1089	1094	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo	3179	3326	3110	3205	1700 - 4000

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En la tabla 16 observamos el informe con 5.5% de C.A. en masa por gravedad de la Mezcla donde rescatamos el peso de la briqueta en el aire retenido en la malla N°4 con un peso de 1212.0 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 1213.0 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 1210.0 gr. Tenemos la masa multiplicada por la gravedad de la muestra al agua por 60 minutos, en la malla N°4 con un peso de 1213.0 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 1214.0 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 1211.0 gr, por último tenemos al peso de la briqueta desplazada en la malla N°4 con un peso de 686.5 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 685.0 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 684.0 gr.

Tabla 17. Diseño de 6% de cemento asfáltico PEN 60/70, 3 briquetas.

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100	99.5	89.5	77.9	58.2	46.2	22.6	11.4	5.0
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					6.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39.33			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54.20			
4	% Cemento Portland					0.47			
5	Peso Específico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018			
6	Peso Específico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.583			
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.528			
8	Peso Específico del Cemento portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briketa cm								
12	Peso de la briketa al aire (gr)				1210.0	1212.0	1209.0		
13	Peso de la briketa al agua por 60' (gr)				1210.0	1212.0	1209.0		
14	Peso de la briketa desplazada (gr)				687.3	686.5	683.0		
15	Volumen de la briketa por desplazamiento (cc) = (13-14)				522.7	525.5	526.0		
16	Peso especifico Bulk de la Briketa = (12/15)				2.315	2.306	2.298	2.307	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.400			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				3.5	3.9	4.2	3.9	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.553			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.627			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.12			
22	% de Asfalto Efectivo					4.94			
23	Relacion Filler/Betun					0.98			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				14.8	15.1	15.4	15.1	14
25	% Vacios llenos con C.A.				76.1	74.2	72.6	74.3	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				14.0	14.0	15.0	14.3	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1037	1089	1078		
28	Factor de estabilidad				1.00	0.96	0.96		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1037	1045	1035	1039	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				2963	2987	2760	2903	1700 - 4000

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En la tabla 17 observamos el informe con 6% de C.A. en masa por gravedad de la Mezcla donde rescatamos el peso de la briqueta en el aire retenido en la malla N°4 con un peso de 1210.0 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 1212.0 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 1209.0 gr. Tenemos la masa multiplicada por la gravedad de la muestra al agua por 60 minutos, en la malla N°4 con un peso de 1210.0 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 1212.0 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 1209.0 gr, por último tenemos al peso de la briqueta desplazada en la malla N°4 con un peso de 687.3 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 686.5 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 683.0 gr.

Tabla 18. Diseño de 6.5% de cemento asfáltico PEN 60/70, 3 briquetas.

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100	99.5	89.5	77.9	58.2	46.2	22.6	11.4	5.0
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					6.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39.12			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53.92			
4	% Cemento Portland					0.47			
5	Peso Específico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018			
6	Peso Específico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.583			
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.528			
8	Peso Específico del Cemento portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1214.0	1213.0	1211.0		
13	Peso de la briqueta al agua por 60´(gr)				1214.0	1213.0	1211.0		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				685.0	684.0	685.0		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				529.0	529.0	526.0		
16	Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.295	2.293	2.302	2.297	

17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)		2.379			
18	% de Vacíos = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203)	3.5	3.6	3.2	3.5	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total		2.553			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total		2.623			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado		1.06			
22	% de Asfalto Efectivo		5.51			
23	Relación Filler/Betún		1.09			0.6 - 1.3
24	V.M.A.	16.0	16.0	15.7	15.9	14
25	% Vacíos llenos con C.A.	77.9	77.5	79.5	78.3	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)	15.0	14.0	15.0	14.7	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)	1001	1049	1021		
28	Factor de estabilidad	0.96	0.96	0.96		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28	961	1007	980	983	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo	2563	2878	2615	2685	1700 - 4000

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En la tabla 18 observamos el informe con 6.5% de C.A. en masa por gravedad de la Mezcla donde rescatamos el gramaje de la briqueta en el aire retenido en la malla N°4 con un peso de 1214.0 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 1213.0 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 1211.0 gr. Tenemos la masa multiplicada por la gravedad de la muestra al agua por 60 minutos, en la malla N°4 con un peso de 1214.0 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 1213.0 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 1211.0 gr, por último tenemos al peso de la briqueta desplazada en la malla N°4 con un peso de 685.0 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 684.0 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 685.0 gr.

Tabla 19. Muestra rice de la mezcla asfáltica convencional o mezcla patrón.

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)					
MUESTRA Nº		01	02	03	04
1.- PESO DEL FRASCO		3317.0	3317.0	3317.0	3317.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO		8067.0	8067.0	8067.0	8067.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)		7568.0	7564.0	7559.0	7555.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA		8780.0	8779.0	8778.0	8773.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA		1212.0	1215.0	1219.0	1218.0
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)		499.0	503.0	508.0	512.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)		2.429	2.416	2.400	2.379
CONTENIDO % C.A.		5.00	5.50	6.00	6.50

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En el cuadro diecinueve evidencias mediante la ficha técnica los productos del proceso de gravedad donde se observa los contenidos de cemento asfáltico, para el 5% resulta un peso específico máximo de la muestra de 2.429, del 5.5% de C.A. a 2.416 de peso específico, también el de 6% de C.A. llegando a 2.400 de peso específico, y finalmente el 6.5% de C.A. con 2.379 de peso específico.

Tabla 20. *Diseño de mezcla asfáltica en caliente método Illinois – Marshall modificado, cuadro resumen.*

Parámetros de diseño		- 0.2 %	% Óptimo	+0.2%	Especificación EG 2013
GOLPES	N°		75.0		75
C.A.	%	5.55	5.75	5.95	
PESO UNITARIO	kg/m ³	2.299	2.304	2.307	
VACIOS	%	4.8	4.3	4.0	3 - 5
V.M.A.	%	14.9	15.0	15.1	
V. LL.C.A.	%	68.3	71.0	73.5	
POLVO / ASFALTO	%	0.9	0.9	1.0	0.6 - 1.3
FLUJO	mm	13.7	13.9	14.1	8 - 14
ESTABILIDAD	kN	10.8	10.7	10.6	8.15
ESTABILIDAD/ FLUJO	kg/cm	3147.9	3087.7	3002.3	1700 - 4000
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Mpa		2.5		2.1
RESISTENCIA RETENIDA	%		78		75
RESISTENCIA CONSERVADA	%		80		80

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En la tabla 20 observamos el porcentaje óptimo según parámetro, briquetas realizadas a 75 golpes, con un peso unitario de 2.304 kg/m³ para cemento asfáltico 5.75 %, vacíos 4.3% V.M.A. 15.0%, flujo 13.9%, estabilidad 10.7 kN, resistencia a la compresión de 2.5 Mpa.

Tabla 21. Resultados de análisis granulométrico de agregados para la mezcla asfáltica modificada, según ASTM C136.

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					MAC-2	
	ABERT. mm	Grava	Arena triturada	Filler	% Pasa		
1"	25.400						
3/4"	19.050	100.0	100.0		99.5	100.0	100.0
1/2"	12.700	73.6	100.0		89.5	80.0	100.0
3/8"	9.525	43.2	100.0		77.9	70.0	88.0
1/4"	6.350						
N° 4	4.760	0.5	94.3		58.2	51.0	68.0
N° 6	3.360						
N° 8	2.380						
N° 10	2.000	0.5	74.8		46.2	38.0	52.0
N°16	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.426		35.7	100.0	22.6	17.0	28.0
N° 50	0.297						
N° 80	0.177		17.5	100.0	11.4	8.0	17.0
N° 100	0.149						
N° 200	0.074		7.4	99.5	5.0	4.0	8.0
-200	-						

Mezcla de agregados

Prueba N° 01	38.0	61.5	0.5
---------------------	-------------	-------------	------------

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En la tabla 21 observamos la mezcla de agregados 38% de grava, arena triturada 61.5% y 0.5 de filler.

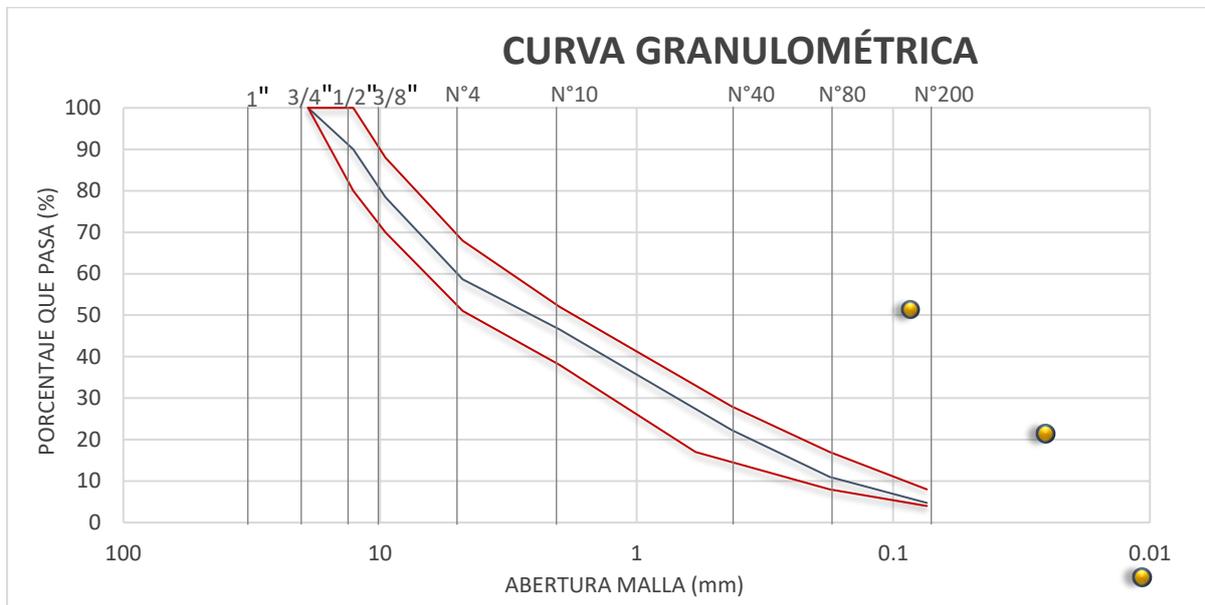


Gráfico 4. Curva granulométrica de agregados para la mezcla asfáltica modificada, según ASTM C136.

Interpretación: En el gráfico 25 se evidencia el material pasante en los tamices 3/4" pasa 99.5%, 1/2" 89.5%, 3/8" 77.9%, N°4 58.2%, N°10 46.2%, N°40 22.6%, N°80 11.4% y N°200 5.0%.

Tercer objetivo específico: Determinar la influencia de la implementación de caucho reciclado con los volúmenes vacíos en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente en Lima, 2020.

Tabla 22. Diseño MAC con asfalto modificado cemento asfáltico 5% y caucho reciclado 1.5%.

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100	99.5	89.5	77.9	58.2	46.2	22.6	11.4	5.0
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39.74			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54.78			
4	% Cemento Portland					0.48			
5	Peso Específico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018			
6	Peso Específico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.583			
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.528			
8	Peso Específico del Cemento portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briqueeta cm								
12	Peso de la briqueeta al aire (gr)				1197.3	1197.9	1200.4		
13	Peso de la briqueeta al agua por 60´(gr)				1199.6	1200.1	1203.2		
14	Peso de la briqueeta desplazada (gr)				687.1	685.3	691.2		
15	Volumen de la briqueeta por desplazamiento (cc) = (13-14)				512.5	514.8	512.0		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueeta = (12/15)				2.336	2.327	2.345	2.336	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.515			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				7.1	7.5	6.8	7.1	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.553			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.725			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					2.52			
22	% de Asfalto Efectivo					2.61			
23	Relación Polvo/Asfalto					0.52			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				13.1	13.4	12.8	13.1	14
25	% Vacios llenos con C.A.				45.7	44.4	47.0	45.7	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				14.0	15.0	14.0	14.3	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1102	1098	1106		
28	Factor de estabilidad				1.00	1.00	1.00		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1102	1098	1106	1102	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3149	2928	3160	3079	1700 - 4000

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En la tabla 22 observamos el informe con 5% de C.A. en peso de la Mezcla donde rescatamos el peso de la briqueta en el aire retenido en la malla N°4 con un peso de 1197.3 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 1197.9 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 1200.4 gr. Tenemos la masa multiplicada por la gravedad de la muestra al agua por 60 minutos, en la malla N°4 con un peso de 1199.6 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 1200.1 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 1203.2 gr, por último tenemos al peso de la briqueta desplazada en la malla N°4 con un peso de 687.1 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 685.3 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 691.2 gr.

Tabla 23. *Diseño MAC con asfalto modificado cemento asfáltico 5.5% y caucho reciclado 1.5%.*

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100	99.5	89.5	77.9	58.2	46.2	22.6	11.4	5.0
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39.53			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54.49			
4	% Cemento Portland					0.47			
5	Peso Específico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018			
6	Peso Específico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.583			
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.528			
8	Peso Específico del Cemento portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1198.1	1200.1	1195.6		
13	Peso de la briqueta al agua por 60´(gr)				1202.4	1202.5	1197.7		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				693.2	692.1	690.2		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				509.2	510.4	507.5		
16	Peso específico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.353	2.351	2.356	2.353	

17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)		2.491			
18	% de Vacios = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203)	5.5	5.6	5.4	5.5	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total		2.553			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total		2.720			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado		2.44			
22	% de Asfalto Efectivo		3.19			
23	Relacion Filler/Betun		0.63			0.6 - 1.3
24	V.M.A.	12.9	13.0	12.8	12.9	14
25	% Vacios llenos con C.A.	57.1	56.9	57.7	57.3	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)	14.0	15.0	15.0	14.7	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)	1189	1200	1208		
28	Factor de estabilidad	1.00	1.00	1.04		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28	1189	1200	1256	1215	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo	3397	3200	3350	3316	1700 - 4000

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En la tabla 23 observamos el informe con 5.5% C.A. en peso de la Mezcla donde rescatamos el peso de la briqueta en el aire retenido en la malla N°4 con un peso de 1198.1 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 1200.1 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 1195.6 gr. Tenemos la masa multiplicada por la gravedad de la muestra al agua por 60 minutos, en la malla N°4 con un peso de 1202.4 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 1202.5 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 1197.7 gr, por último tenemos al peso de la briqueta desplazada en la malla N°4 con un peso de 693.2 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 692.1 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 690.2 gr.

Cuarto objetivo específico: Determinar la resistencia a la deformación de la carpeta asfáltica modificada con caucho reciclado a comparación de un asfalto convencional.

Tabla 24. Diseño MAC con asfalto modificado cemento asfáltico 6% y caucho reciclado 1.5%.

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)										
TAMICES ASTM		1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL		100	99.5	89.5	77.9	58.2	46.2	22.6	11.4	5.0
ESPECIFICACIONES		100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°						1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla						6.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla						39.33			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla						54.20			
4	% Cemento Portland						0.47			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc						1.018			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc						2.583			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc						2.528			
8	Peso Especifico del Cemento portland (Aparente) gr/cc						3.120			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc									
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc									
11	Altura promedio de la briqueeta cm									
12	Peso de la briqueeta al aire (gr)					1194.0	1202.8	1199.9		
13	Peso de la briqueeta al agua por 60´(gr)					1196.3	1203.4	1201.6		
14	Peso de la briqueeta desplazada (gr)					690.4	694.2	692.1		
15	Volumen de la briqueeta por desplazamiento (cc) = (13-14)					505.9	509.2	509.5		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueeta = (12/15)					2.360	2.362	2.355	2.359	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)						2.477			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)					4.7	4.7	4.9	4.8	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total						2.553			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total						2.727			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado						2.54			
22	% de Asfalto Efectivo						3.61			
23	Relacion Filler/Betun						0.72			0.6 - 1.3
24	V.M.A.					13.1	13.0	13.3	13.1	14
25	% Vacios llenos con C.A.					63.9	64.3	62.9	63.7	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)					15.0	15.0	16.0	15.3	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)					1395	1341	1295		
28	Factor de estabilidad					1.04	1.00	1.00		

29	Estabilidad Corregida 27 * 28	1451	1341	129 5	1362	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo	3869	3576	323 8	3561	1700 - 4000

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En la tabla 24 observamos el informe con 6% C.A. en peso de la Mezcla donde rescatamos el peso de la briqueta en el aire retenido en la malla N°4 con un peso de 1194.0 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 1202.8 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 1199.9 gr. Tenemos el peso de la briqueta al agua por 60', en la malla N°4 con un peso de 1196.3 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 1203.4 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 1201.6 gr, por último tenemos al peso de la briqueta desplazada en la malla N°4 con un peso de 690.4 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 694.2 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 692.1 gr.

Tabla 25. Diseño MAC con asfalto modificado cemento asfáltico 6.5% y caucho reciclado 1.5%

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100	99.5	89.5	77.9	58.2	46.2	22.6	11.4	5.0
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROM.	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					6.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39.12			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53.92			
4	% Cemento Portland					0.47			
5	Peso Esp. Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018			
6	Peso Esp. de la Grava > N°4" (Bulk) gr/cc					2.583			
7	Peso Específico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.528			
8	Peso Específico del Cemento portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Específico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Específico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1190.1	1194.2	1191.9		

13	Peso de la briqueta al agua por 60´(gr)	1191.7	1195.9	1193.0		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)	687.4	688.2	686.5		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)	504.3	507.7	506.5		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)	2.360	2.352	2.353	2.355	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)		2.453			
18	% de Vacíos = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)	3.8	4.1	4.1	4.0	3 - 5
19	Peso Esp. Bulk Agregado Total		2.553			
20	Peso Esp. Efectivo Agregado total		2.720			
21	Asf. Absorbido por el Agregado		2.44			
22	% de Asfalto Efectivo		4.22			
23	Relación Filler/Betun		0.84			0.6 - 1.3
24	V.M.A.	13.6	13.9	13.8	13.8	14
25	% Vacíos llenos con C.A.	72.0	70.3	70.6	71.0	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)	16.0	16.0	17.0	16.3	8 - 14
27	Estab. sin corregir (Kg)	1287	1309	1262		
28	Fact. de estab.	1.04	1.04	1.04		
29	Estab. Corregida 27 * 28	1338	1361	1312	1337	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo	3346	3404	3088	3279	1700 - 4000

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En la tabla 25 observamos el informe con 6.5% C.A. en masa por gravedad donde rescatamos el peso de la briqueta en el aire retenido en la malla N°4 con un peso de 1190.1 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 1194.2 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 1191.9 gr. Tenemos la masa multiplicada por la gravedad de la muestra al agua por 60 minutos, en la malla N°4 con un peso de 1191.7 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 1195.9 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 1193.0 gr, por último tenemos al peso de la briqueta desplazada en la malla N°4 con un peso de 687.4 gr, luego tenemos la malla N°10 con un peso de 688.2 gr, así mismo material retenido en la malla N°40 con un peso 686.5 gr

Tabla 26. Muestra rice de la mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado C.A. 60/70.

ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)							
MUESTRA Nº				01	02	03	04
1.- PESO DEL FRASCO				3317.0	3317.0	3317.0	3317.0
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO				8067.0	8067.0	8067.0	8067.0
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)				7587.0	7584.0	7583.0	7577.0
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA				8794.0	8787.0	8782.0	8779.0
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA				1207.0	1203.0	1199.0	1202.0
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)				480.0	483.0	484.0	490.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)				2.515	2.491	2.477	2.453
CONTENIDO % C.A.				5.00	5.50	6.00	6.50

Fuente: elaborado por JJ Geotecnia S.A.C. y Geonaylamp S.A.C.

Interpretación: En la tabla 26 se muestra los cuatro contenidos de cemento asfáltico para el 5% resulta un peso específico máximo de la muestra de 2.515, del 5.5% de C.A. a 2.491 de peso específico, también el de 6% de C.A. llegando a 2.477 de peso específico, y finalmente el 6.5% de C.A. con 2.453 de peso específico.

Quinto objetivo específico: Determinar los beneficios que presenta la mezcla asfáltica en caliente en comparación al MAC convencional.

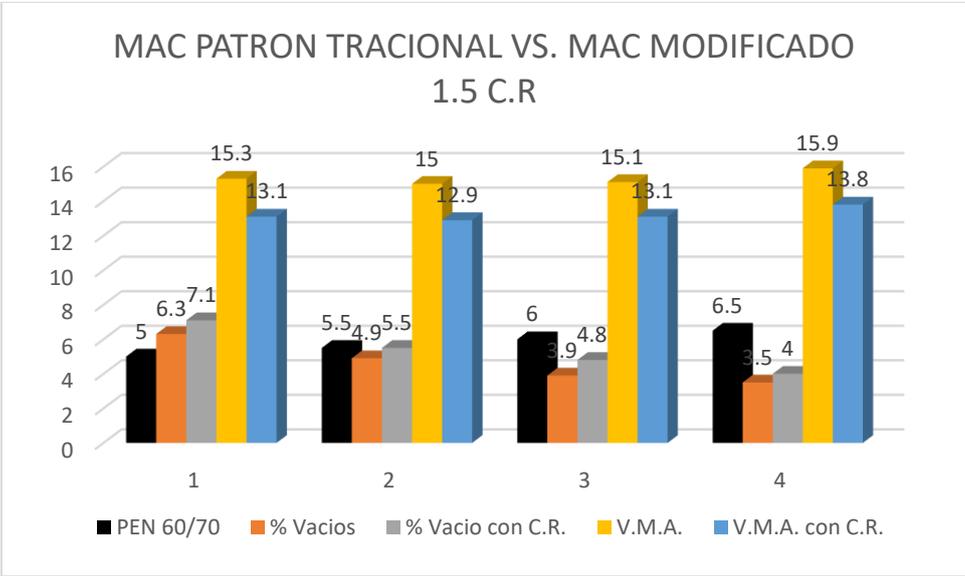


Gráfico 5. Cuadro comparativo mezcla patrón vs mezcla modificada.

Interpretación: En el gráfico 15, observamos los cuatro contenidos de asfalto de 5, 5.5, 6 y 6.5% de % Asfalto, se hace una comparación de la muestra convencional y de la muestra modificada, en donde la muestra modificada resalta en estabilidad con el 6.5% de asfalto llegando a 13.37 de estabilidad a comparación de la muestra convencional con 9.83, con respecto a flujo la muestra modificada con 6.5% de asfalto llega a 16.3 de flujo a comparación de la muestra convencional con 14.7 de flujo, luego tenemos el % vacíos donde la muestra modificada resalta con el 6% de asfalto llegando a 4.8% y la muestra convencional solo a 3.9%, de acuerdo a la densidad la muestra modificada resalta con el 6% de asfalto a 2.36 de densidad y la muestra convencional a 2.23, según los V.M.A la muestra modificada resalta con el 5.5% de asfalto llegando a sólo 12.9% a comparación de la muestra convencional que llega a 15%.

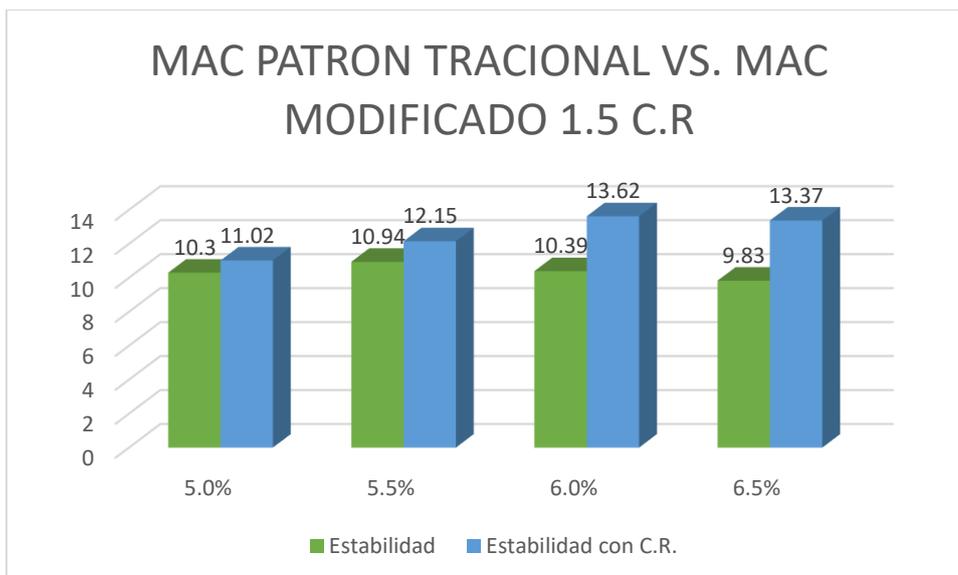


Gráfico 6. Cuadro comparativo mezcla patrón vs mezcla modificada con respecto a su estabilidad.

Interpretación: En el gráfico 16 observamos que con el 5% de asfalto la muestra convencional llega a 10.3 y la modificada a 11.02 con respecto a la estabilidad, con el 5.5% de asfalto la muestra convencional a 10.94 y la modificada a 12.15 de estabilidad, con el 6% de asfalto la muestra modificada llega a 10.39 y la modificada a 13.62 de estabilidad, con el 6.5% de asfalto la muestra convencional llega a 9.83 y la modificada a 13.37 con respecto a su estabilidad.

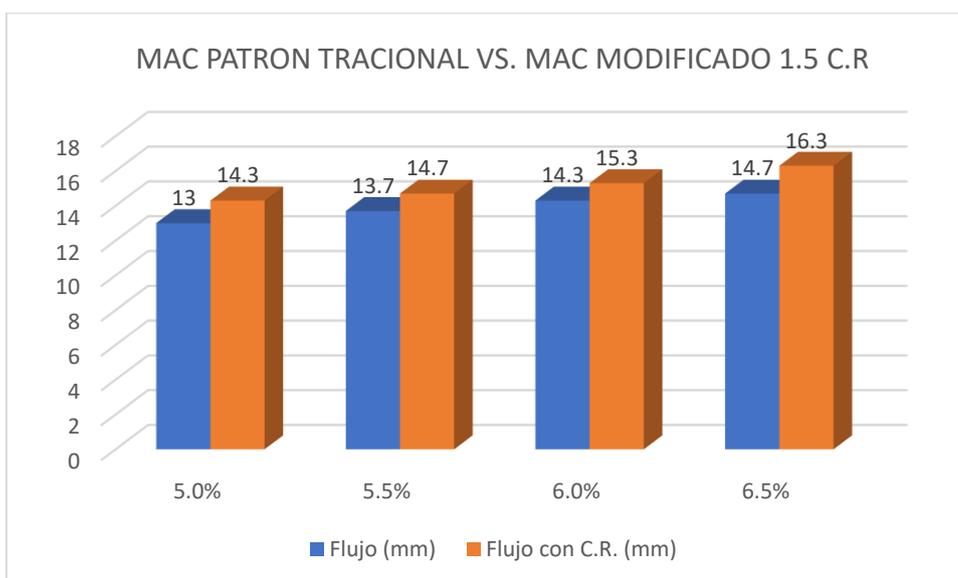


Gráfico 7. Cuadro comparativo mezcla patrón vs mezcla modificada con respecto al flujo.

Interpretación: En el gráfico 17 observamos que con el 5% de asfalto la muestra convencional llega a 13 y la modificada a 14.3 con respecto a flujo, con el 5.5% de asfalto la muestra convencional a 13.7 y la modificada a 14.7 de flujo, con el 6% de asfalto la muestra convencional llega a 14.3 y la modificada a 15.3 de flujo, con el 6.5% de asfalto la muestra convencional llega a 14.7 y la modificada a 16.3 con respecto a flujo.

Tabla 27. *Diseño de mezcla asfáltica en caliente método Illinois – Marshall modificado 1.5% de caucho reciclado, cuadro resumen.*

% Asfalto PEN 60/70		5.0%	5.5%	6.0%	6.5%
Estabilidad	Muestra Convencional	10.3	10.94	10.39	9.83
	1.5% C.R.	11.02	12.15	13.62	13.37
Flujo	Muestra Convencional	13	13.7	14.3	14.7
	1.5% C.R.	14.3	14.7	15.3	16.3
% Vacíos	Muestra Convencional	6.3	4.9	3.9	3.5
	1.5% C.R.	7.1	5.5	4.8	4
Densidad	Muestra Convencional	2.27	2.29	2.23	2.29
	1.5% C.R.	2.34	2.35	2.36	2.35
V.M.A.	Muestra Convencional	15.3	15	15.1	15.9
	1.5% C.R.	13.1	12.9	13.1	13.8

Fuente: Elaboración propia.

Interpretación: En el cuadro 28, observamos cuatro contenidos de C.A. de 5, 5.5, 6 y 6.5% , se hace una comparación de la muestra convencional y de la muestra modificada, en donde la muestra modificada resalta en estabilidad con el 6.5% de asfalto llegando a 13.37 de estabilidad a comparación de la muestra convencional con 9.83, con respecto a flujo la muestra modificada con 6.5% de asfalto llega a 16.3 de flujo a comparación de la muestra convencional con 14.7 de flujo, luego tenemos el porcentaje de vacíos donde la muestra modificada resalta con el 6% de asfalto llegando a 4.8% y la muestra convencional solo a 3.9%, de acuerdo a la densidad la muestra modificada resalta con el 6% de asfalto a 2.36 de densidad y la muestra convencional a 2.23, según los V.M.A la muestra modificada resalta con el 5.5% de asfalto llegando a sólo 12.9% a comparación de la muestra convencional que llega a 15%.

V. DISCUSIÓN

Según Carrizales (2015), en su tesis titulada Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos, el contenido óptimo que obtuvo al modificar el diseño de mezcla asfáltica con 3% de CR fue de 7.1% y en su diseño convencional fue de 7% de cemento asfáltico, en nuestra investigación el porcentaje de contenido óptimo de cemento asfáltico, para el diseño convencional fue de 5.75% y para el diseño modificado con 1.5% de C.R. fue de 6.20% de C.A. Por lo tanto, tenemos una diferencia de 0.8% de cemento asfáltico.

Según Vega (2017), en su tesis titulada Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico, obtuvo resultados para los vacíos en el agregado mineral (V.M.A.) de 14.48% en un diseño modificado con 1 % de C.R. y para los vacíos llenos de asfalto (V.F.A.) un porcentaje de 69.9%. En nuestra investigación agregando 1.5% de C.R. con cemento asfáltico de 6.5% obtuvimos V.M.A 13.8% y V.F.A. de 71%.

Según Cervera (2017), en su tesis titulada Influencia en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado de neumáticos, Cajamarca. Los resultados que obtuvo con respecto a los porcentajes de vacíos en diseño modificado agregando 0.5% y 1% de C.R. con grado de penetración PEN 85/100 fue: para el 0.5% de C.R. con C.A. 6% y 6.5% se obtuvo valores de 4.68% y 2.81 % respectivamente, para el 1% de C.R. y C.A. de 5% y 6% obtuvo valores de 4.94% y 3.98%. En nuestra investigación respecto a % de vacíos tenemos los siguientes resultados: incorporando el 1.5% de C.R. PEN 60/70 con cemento asfáltico de 6% y 6.5% se obtuvo valores de 4.8% y 4% de vacíos respectivamente. Según MTC E-504 y ASTM D1559 se obtuvo parámetros requeridos el cual está en el rango 3% y 5%.

Según Páez y Valarezo (2015). en su tesis titulada Diseño de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho pulverizado por vía húmeda. Según su resultado la estabilidad de la mezcla asfáltica disminuye al colocar el caucho,

dando como resultado 6.37 kN dando una menor resistencia a las deformaciones, haciendo que ésta se vuelva más flexible; sin embargo, esta prueba cumple con los parámetros establecidos en el Método Marshall, que especifica que deben ser mayores a 2200 libras o 9.8 kN. Con respecto a nuestros resultados, obtenemos que la deformación y la estabilidad del material es de 14 kN el cual es perfectamente aceptable con un mínimo de 8.15 kN y un flujo de 15.8 mm la cual está fuera del intervalo legal. Deducimos que los dos resultados obtenidos mantienen un buen comportamiento respecto a su deformación y estabilidad, de tal manera que logran ser más flexibles y a la vez resistentes.

Según Villagaray (2017), en su tesis titulada: Aplicación de caucho reciclado en un diseño de mezcla asfáltica para el tránsito vehicular de la avenida trapiche-comas (remanso). En su investigación tiene como resultado que un neumático es un material altamente contaminante luego de ser usado, y que respecto a su investigación es comprobado el uso confiable en el diseño de mezcla asfáltica, ya que disminuye considerablemente el impacto ambiental, con respecto a nuestra investigación resulta beneficioso utilizar el caucho reciclado, porque aumenta de manera positiva las propiedades mecánicas de la mezcla beneficiando así los porcentajes de vacíos, estabilidad y resistencia, comparando en nuestra investigación nos enfocamos más en las propiedades mecánicas del diseño de mezcla asfáltica en caliente trayendo este material reciclado grandes beneficios.

VI. CONCLUSIONES

Se concluye que el contenido óptimo de C.A. en este caso de grado de penetración PEN 60/70 incorporando agregados ya con un estudio granulométrico cumpliendo con los requisitos de calidad, así mismo, teniendo como base el caucho reciclado incorporando el 1.5% es de 6.20% de C.A., dicho porcentaje fue obtenido mediante las curvas de energía que relacionan los resultados de las fichas del ensayo Marshall.

Concluimos que la incorporación de caucho reciclado con el agregado y cemento asfáltico favorece significativamente en el diseño de mezcla asfáltica en caliente para los vacíos agregando 1.5% de C.R. con cemento asfáltico de 6.5% obtuvimos V.M.A 13.8% con un límite de 14% y V.F.A. de 71% en un intervalo de 65 y 75%.

Se concluye que incorporando el 1.5% de caucho reciclado en la proporción de 6% de C.A. cumple con 4.8% de vacíos que de acuerdo al MTC cumple, y también agregando el 6.5% de C.A. cumple con 4% de vacíos. Por lo tanto, agregar el caucho reciclado influye para obtener resultados requeridos en la normativa.

Con respecto a la deformación se obtuvo 14 kN el cual es aceptable con un límite de 15 kN y un flujo de 15.8 mm que de acuerdo al MTC no cumple con lo especificado debido a que no está en el intervalo de 8 y 14 mm.

Concluimos que los beneficios que otorga la incorporación del caucho reciclado con respecto al diseño de mezcla asfáltica mejora significativamente las propiedades mecánicas de la mezcla, mejorando la estabilidad, porcentaje de vacíos y resistencia a la deformación, al mismo tiempo la incorporación de caucho reciclado resulta beneficiosa para el medio ambiente ya que reduce de manera significativa el impacto ambiental.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda determinar el contenido óptimo procesando el control de calidad de los materiales correctamente, evaluar la granulometría que cumpla con los requisitos de calidad de los agregados, al obtener buen contenido de material y al incorporar un contenido de asfalto adecuado.

Para futuras investigaciones considerar porcentajes superiores a 4% de caucho reciclado, debido a que se podrá determinar un contenido óptimo de materiales adecuado, y así lograr obtener porcentajes de vacíos que cumplan con lo especificado en el MTC.

Se recomienda investigar más efectos del caucho reciclado de llanta en el diseño de mezcla asfáltica, debido a que este material tiene en su estructura de conformación materiales durables y resistente, desarrollar e investigar con aditivos en conjunto con el C.R. e incorporar el caucho reciclado ya que no sólo da buenos resultados referente a V.M.A y V.F.A. sino también con los (Va) del mismo modo logra centrarse en el rango normado obteniendo una mezcla de calidad.

Recomendable aplicar en futuras construcciones esta renovada técnica a la pavimentación de vías, ya que se llega a aumentar la capacidad estructural, disminución de costos, aumento de la capacidad de deformación y aumento de estabilidad.

Capacitar a los miembros de las entidades gubernamentales sobre las ventajas de utilizar el caucho reciclado en las mezclas asfálticas, para que así se llegue a conocer cada vez más de los beneficios que otorga este material.

REFERENCIAS

ALARCÓN José, CAMACHO Deicy y HERREÑO Ingrid. Viabilidad del uso del asfalto caucho en la región de Tunja, Colombia. Revista venezolana [En línea]. Vol. 40. N.º 34. 2019. Pág. 12. [Fecha de consulta: 21 de mayo de 2020]. Disponible en <http://ww.revistaespacios.com/a19v40n34/19403412.html>
ISSN: 07981015

ANGULO Rodríguez, Ricardo Alberto y DUARTE Ayala, José Luis. Modificación de un asfalto con caucho reciclado de llanta para su aplicación en pavimentos. (título profesional de Ingeniero químico). Bucaramanga, Colombia. Universidad Industrial de Santander. Facultad de ciencias fisicoquímicas. 2005. 94 pp.

ALZATE Diana Carolina, GARCIA Jaime Alexander y GELACIO Emerson. Estudio de Viabilidad para la Creación de una Empresa Transformadora de Llantas en Pereira. (Bachiller en administración de empresas). Pereira, Colombia. Universidad minutos de Dios. 2019. 123 pp.

BOTASSO Gerardo, REBOLLO Oscar, CUATTOCCHIO Adrian y SOENGAS Cecilia. Utilización de caucho de neumáticos en mezcla asfáltica densa en obras de infraestructura. Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional La Plata. La Plata, Argentina, 2008, 9 pp.
Disponible en <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/2028/1993>

CARRIZALES Apaza, José Javier. Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos. (título profesional de ingeniero civil). Puno, Perú. Universidad Nacional del Altiplano. 2015. 119 pp.
Disponible en http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/1888/CarrizalesApaza_Jose_%20Javier.pdf?sequence=1&iAllowed=y

CERVERA Borja, Cesar Augusto. Influencia en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado de neumáticos, Cajamarca. (título

profesional de ingeniero civil). Cajamarca, Perú. Universidad Privada del Norte. 2016. 156 pp.

CORRAL, Yadira. Validez y confiabilidad de los instrumentos de investigación para la recolección de datos. [en línea]. Vol. 19. N° 33. 2009. [Fecha de consulta: 11 de noviembre del 2020]. Disponible en <http://www.riuc.bc.uc.edu.ve/bitstream/123456789/1949/1/ycorral.pdf>
ISSN: 1316-5917

CORREA Lesmes, Camilo Andrés. Implementación de mezcla asfáltica modificada con granulo de caucho en el barrio San Carlos de la localidad de Tunjuelito. (Título para especialista de ingeniería de pavimentos). Colombia. Universidad militar nueva granada. 2018. 48 pp.

CAMPAÑA O.; GALEAS S.; GUERRERO V. Obtención de Asfalto Modificado con Polvo de Caucho Proveniente del Reciclaje de Neumáticos de Automotores. Escuela Politécnica Nacional. Publicado en el 2015, vol.36 no. 3. 6pp.
Disponible en https://www.researchgate.net/publication/283266510_Obtencion_de_Asfalto_Modificado_con_Polvo_de_Caucho_Proveniente_del_Reciclaje_de_Neumaticos_de_Automotores

CONTRERAS Martínez, Cesar Hernán y MAMANI Vilcatoma, Diego Paul. Reducción de la deformación permanente en pavimentos diseñados con mezclas asfálticas en caliente a través de la incorporación de polvo de caucho proveniente de neumáticos usados. (título profesional de ingeniería civil). Lima, Perú. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. 2019. 109 pp.
Disponible en https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/651885/Contreras_MC.pdf?sequence=3&isAllowed=y

CHAVARRI Cueva, Luis Antonio y FALEN Solís, Jorge Arturo. Propuesta de concreto eco-sostenible con la adición de caucho reciclado para la construcción de

pavimentos urbanos en la ciudad de Lima. (título profesional de ingeniería civil). Lima, Perú. Universidad de ciencias aplicada. 2020. 160 pp.

CUSQUISIBÁN Ocas, Wilder Danny. Mejoramiento de suelos arcillosos utilizando caucho granular de neumáticos para fines constructivos de pavimento. (título profesional de ingeniería civil). Cajamarca, Perú. Universidad Nacional de Cajamarca. 2014. 136 pp.

CHAVEZ Arévalo, Oswaldo, LOPEZ Poveda, Luis y MORALES Cárdenas, Pedro Joaquín. Efecto de la alta compactación de la capa de base en pavimento flexibles. (Título profesional de ingeniero civil). Managua, Nicaragua. Universidad Nacional de Ingeniería. 2009. 137 pp.

DIAS Claros, Cesar Mauricio y CASTRO Celis, Liliana Carolina. Implementación del grano de caucho reciclado (GCR) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá. (Título profesional de ingeniero civil). Bogotá, Colombia. Universidad Santo Tomas. 2017. 82 pp.

ESCOBAR Bellido, Luis y HUINCHO Ochoa, Jesús. Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa – Sachapite, Huancavelica – 2017. (título profesional de ingeniería civil). Universidad Nacional de Huancavelica. 2017. 192 pp. Disponible en <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1388>.

GOICOCHEA Fernández, Fredy. Estudio de un asfalto con adición de caucho de neumático reciclado como polímero base, Chachapoyas – Amazonas – 2017. (título profesional de ingeniería civil). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Chachapoyas, Perú. 2019. 99 pp.

GENDERSON Billy, Estrella Dávila. Aplicación de la metodología para la modificación de asfaltos convencionales mediante polímeros en el pavimento de la carretera Pilcomayo - Chupaca 2016. (Título profesional de ingeniero civil). Huancayo, Perú. Universidad Peruana Los Andes. 2016. 278 pp.

MARTINEZ G., CAICEDO B., GONZALES D., CELIS L., FUENTES L., TORRES V. Trece años de continuo desarrollo con mezclas asfálticas modificadas con Grano de Caucho Reciclado en Bogotá: Logrando sostenibilidad en pavimentos. [en línea]. Volumen 33. Número 1. Abril 2018. [fecha de consulta 15 de Noviembre 2020].

Disponible en https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S071850732018000100041&script=sci_arttext#aff1

ISSN 0718-5073

MANTILLA Mendoza, Fernando Andrés y OTERO Bartan, Emerson Jair. Obtención de la rigidez en un ligante bituminoso modificado con caucho reciclado variando su tamaño, porcentaje en masa y tiempo de mezclado. (Título profesional de ingeniero civil). Bucaramanga, Colombia. Universidad Industrial de Santander. 2018. 59 pp.

MANUAL DE CARRETERAS, Diseño Geométrico DG-2014. Ministerio de transporte y Comunicaciones. 2014. Perú. 329 pp.

Disponible en http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_3580.pdf

MANUAL DE CARRETERAS, Especificaciones técnicas generales para construcción. R.D. Número 22. Ministerio de transporte y Comunicaciones. 2013. 605 pp.

Disponible en https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_10%20EG%202013.pdf

MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES. Ministerio de transporte y Comunicaciones. 2016. Perú. 1272 pp.

Disponible en https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

NAVARRO Jiménez, José Martin. Propuesta de diseño de mezclas asfálticas con adiciones de PET. (título profesional de ingeniería civil). Pimentel, Perú.

Universidad Señor de Sipán. 2017. 166 pp. Disponible en <http://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/uss/4569/Navarro%20Jim%C3%A9nez.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ORELLANA Orellana, Jordi Rene y SOLANO Mosquera, Jason Estevan. Dosificación óptima en pavimento flexible de asfalto y caucho reciclado utilizando materiales de la región. (título profesional de ingeniería civil). Cuenca, Ecuador. Universidad de Cuenca. 2019. 124 pp. Disponible en <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/33528/1/Trabajo%20de%20Titulaci%C3%B3n.pdf>

OLARTE Riaño, Brandon Nicolas y SOLER Sánchez, Rubén David. efecto del grano de caucho en el ahuellamiento de una mezcla asfáltica tipo MD-12. (título profesional para ingeniero de transporte y vías). Tunja, Colombia. Universidad pedagógica y tecnológica de Colombia. 2018. 234 pp. Disponible en <https://repositorio.uptc.edu.co/handle/001/3094?locale=es>

OLIVARES Carmona, Daniel. Planta de reciclaje de neumáticos de caucho comercialización de miga de caucho. (Magister MBA en Administración). Antofagasta, Chile. Universidad de Chile. 2016. 56 pp.

PACO Martínez, Alexandra. Análisis del aprovechamiento de neumáticos reciclados usados como aditivo en el asfalto. (bachiller en ingeniería civil). Arequipa, Perú. Universidad Católica San Pablo. 2020. 45 pp. Disponible en https://repositorio.ucsp.edu.pe/bitstream/20.500.12590/16229/1/SEGOVIA_CARHUAS_EST_NEU.pdf

PEREDA, Danfer y CUBAS, Nahum. Investigación de los asfaltos modificados con el uso de caucho reciclado de llantas y su comparación técnico-económico con los asfaltos convencionales. (título profesional de ingeniería civil). Trujillo, Perú. Universidad Privada Antenor Orrego. 2015. 107 pp.

PÁEZ García, Antonio Israel y VALAREZO Vargas, Alberto Enrique. Diseño de mezclas asfálticas en caliente con adición de caucho pulverizado por vía húmeda. (título profesional de ingeniería civil). Quito, Ecuador. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. 2015. 164 pp.

Disponible en <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8489/Antonio%20Paez%2c%20Alberto%20Valarezo.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

PINEDO García, Cesar Antony. Diseño de la carpeta asfáltica modificada con polímero polietileno para el mejoramiento del camino vecinal nuevo Shupishiña morales – 2016. (Título profesional de ingeniero civil). Lima, Perú. Universidad Cesar Vallejo. 2016. 280 pp.

Disponible en <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10332>

REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES. Ministerio de vivienda construcción y saneamiento. Perú. 2014. 703 pp.

RODRÍGUEZ Castro, Ellen. Uso de polvo de caucho de llantas en pavimentos asfálticos. Volumen 7. Número 4. Abril 2016. Universidad de Costa Rica. 7 pp.

ROBLE Romero, Agustín Nicolas. Comportamiento de la mezcla asfáltica agregando caucho reciclado en pavimentos flexibles, Ate, Lima-Perú, 2018. (Título profesional de ingeniero civil). Lima, Perú. Universidad Cesar Vallejo. 2018. 123 pp.

RONDON Quintana Hugo, MOLANO Mora Yennifer y TENJO Lancheros Angelica. Influencia de la Temperatura de Compactación Sobre la Resistencia Bajo Carga Monotónica de Mezclas Asfálticas Modificadas con Grano de Caucho Reciclado de Llantas. [en línea]. Número 29. Publicado Diciembre 2012. Disponible en [http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-](http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-77992012000200002)

77992012000200002

ISSN 2256-5337

SAUD A. Alfayez, AHMED R. Suleiman and MONCEF L. Nehdi. Recycling Tire Rubber in Asphalt Pavements: State of the Art. [on line]. Published 31 october 2020. Canada. Western University. 15 pp.

SOTO Avalos, Edwin Yair. Influencia de la incorporación de porcentajes de caucho de llanta reciclado sobre los parámetros Marshall en las mezclas asfálticas en caliente, Trujillo 2017. (título profesional de ingeniería civil). Trujillo, Perú. Universidad Privada del Norte. 2018. 231 pp.
Disponibile en <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/13751>

UBIDIA Pinedo, Lucia Esther. Diseño de pavimento flexible con la utilización de polvo de caucho reciclado para minimizar la generación de fisuras del Jr. Jorge Chávez cdra. 01-09 Ciudad de Tarapoto San Martín. (título profesional de ingeniería civil). Lima, Perú. Universidad Cesar Vallejo. 2019. 152 pp.

VEGA Zurita, Danilo Sebastián. Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico. (Título profesional de ingeniero civil). Ambato, Ecuador. Universidad Técnica de Ambato. 2016. 114 pp.

VILLAGARAY Medina, Edwin Jesús. Aplicación de caucho reciclado en un diseño de mezcla asfáltica para el tránsito vehicular de la avenida Trapiche-Comas (Remanso) 2017. (Título profesional de ingeniero civil). Lima Perú. Universidad Cesar Vallejo. 2017.126 pp.

VEGA Perrigo, Daniel Alonso. Diseño de los pavimentos de la carretera de acceso al nuevo puerto de Yurimaguas (km 1+000 a 2+000). (título profesional de ingeniería civil). Lima, Perú. Pontificia Universidad Católica del Perú. 2018. Facultad de ciencias e ingeniería. 128 pp.

ANEXOS:

- ANEXO 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA.
- ANEÑO 02. INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN.
- ANEXO 03. INFORMES DE LABORATORIO.
- ANEXO 04. ACTAS.
- ANEXO 05. PANTALLAZO TURNITIN.
- ANEXO 06. PANEL FOTOGRÁFICA

ANEXO 01. MATRIZ DE CONSISTENCIA.

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLE DEPENDIENTE	METODOLOGÍA
¿Cómo influyó la incorporación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas en caliente en Lima, 2020?	Determinar la influencia de la incorporación del caucho reciclado en el diseño de mezclas asfálticas en caliente en Lima, 2020	La incorporación del caucho reciclado influyó significativamente en el diseño de mezcla asfáltica en caliente en Lima, 2020.	Mezcla Asfáltica	Tipo de investigación: Aplicado Enfoque: Cuantitativo Nivel: Explicativo Diseño: Experimental Población: 24 Briquetas Muestra: 24 Briquetas
PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECIFICAS		
- ¿Qué efectos ha producido la incorporación de caucho reciclado en los resultados del método Marshall en el diseño de mezcla asfáltica en caliente en Lima, 2020?	Determinar el contenido óptimo de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación del caucho reciclado aplicando el método Marshall en Lima, 2020.	-La incorporación de caucho reciclado produjo efectos favorables en los resultados del método Marshall en el diseño de mezcla asfáltica en caliente en Lima, 2020.		
- ¿En qué medida favoreció La incorporación de caucho reciclado con el agregado y cemento asfáltico en el diseño de mezcla asfáltica en caliente en Lima, 2020?	-Determinar la influencia de la incorporación de caucho reciclado con el agregado y cemento asfáltico en el diseño de carpeta asfáltica en Lima, 2020.	-La incorporación de caucho reciclado con el agregado y cemento asfáltico favoreció significativamente en el diseño de mezcla asfáltica en caliente en Lima, 2020.	VARIABLE INDEPENDIENTE	
- ¿Cuáles fueron los resultados de la incorporación de caucho reciclado con los volúmenes de vacíos asfáltico en el diseño de mezcla asfáltica en caliente en Lima, 2020?	-Determinar la influencia de la implementación de caucho reciclado con los volúmenes de vacíos en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente en Lima, 2020.	-La incorporación de caucho reciclado con los volúmenes de vacíos influyó significativamente en el diseño de la mezcla asfáltica en caliente en Lima, 2020.	Incorporación de caucho reciclado	
- ¿Cómo influyó en el diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado con respecto a la resistencia a la deformación en Lima, 2020?	-Determinar la resistencia a la deformación de la carpeta asfáltica modificado con caucho reciclado.	-La incorporación de mezcla asfáltica en caliente con caucho reciclado influyó en la resistencia a la deformación en Lima, 2020.		
- ¿Cómo benefició la incorporación de caucho reciclado en el diseño de mezcla asfáltica en caliente a comparación de un asfalto tradicional en Lima, 2020?	-Determinar los beneficios que presenta la mezcla asfáltica en caliente con caucho reciclado a la comparación de un asfalto convencional	-La incorporación de caucho reciclado en el diseño de mezcla asfáltica en caliente aportó beneficios, a comparación de un asfalto tradicional en Lima, 2020.		

Fuente: Elaboración Propia, 2020.

ANEXO 01: INSTRUMENTOS DE VALIDACIÓN



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Mg. Lavado Enriquez, Juana Maribel
 Institución donde labora : Universidad Cesar Vallejo – Lima Norte
 Especialidad : Ingeniería Civil
 Instrumento de evaluación : Diseño de mezcla asfáltica
 Autor (s) del instrumento (s): Chavarri Vasquez, Alex

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.				X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.				X	
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.				X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE			X		
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						42

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

EL INSTRUMENTO ES VÁLIDO, PUEDE SER APLICADO

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

42

Moyobamba, 08 de Julio del 2020

J. Maribel Lavado Enriquez
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 85930

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Ing. Moreno Huaman, Elmer
 Institución donde labora : Universidad Cesar Vallejo – Lima Norte
 Especialidad : Ingeniería Civil
 Instrumento de evaluación : Diseño de Mezcla asfáltica
 Autor (s) del instrumento (s): Castillo Rutti Alvaro Enrique y Chavarri Vázquez Alex Joel

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN
MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.				X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.				X	
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.				X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE				X	
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.				X	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

II. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

El instrumento es válido, puede ser aplicado.

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 43

Lima, 20 de Noviembre del 2020

JJ GEOTECNIA S.A.C.

ELMER MORENO HUAMAN
 INGENIERO CIVIL
 REG. Nº 10906

INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA
I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Ing. Mendoza Vara Alheli
 Institución donde labora : Universidad Cesar Vallejo – Lima Norte
 Especialidad : Ingeniería Civil
 Instrumento de evaluación : Diseño de Mezcla asfáltica
 Autor (s) del instrumento (s): Castillo Rutti Alvaro Enrique y Chavarri Vázquez Alex Joel

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN
MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.				X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE				X	
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.				X	
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.				X	
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.				X	
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE			X		
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
PUNTAJE TOTAL						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

el instrumento es válido, puede ser aplicado

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 42

Lima, 20 de Noviembre del 2020



ALHELI MENDOZA VARA
 Ingeniera Civil
 CIP N° 238706

ANEXO 03. CERTIFICADOS DE LABORATORIO.



Cel: 980703014 / 947280585
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos
 San Martín de Porres - Lima
 informes@jjgeotecniasac.com

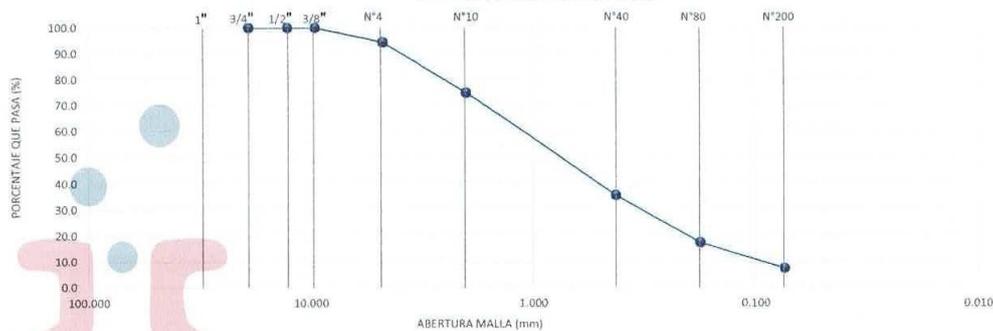
www.jjgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO
--	--

Solicitantes : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel
Tesis : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020
Ubicación : Lima.
Fecha de emisión : 13-11-2020

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)					CANTERA: "Trapiche"	
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa		
1"	25.400	0	-	-	100.0		
3/4"	19.050	-	-	-	100.0	Calculos.	
1/2"	12.700	-	-	-	100.0	Tara	U-5
3/8"	9.525	-	-	-	100.0	Peso de Tara	206.20 g
1/4"	6.350	-	-	-	100.0	Tara + muestra Humeda	1,198.00 g
N° 4	4.760	56.4	5.7	5.7	94.3	Tara + muestra Seca	1,190.00 g
N° 6	3.360	-	-	-	-	Contenido de Humedad (%)	0.8 %
N° 8	2.380	158.8	16.1	21.9	78.1		
N° 10	2.000	32.6	3.3	25.2	74.8	Muestra Seca	983.8 g
N°16	1.190	-	-	-	-		
N° 20	0.840	-	-	-	-		
N° 30	0.590	-	-	-	-		
N° 40	0.426	385.3	39.2	64.3	35.7		
N° 50	0.297	-	-	-	-	Proporciones Agregados.	
N° 80	0.177	179.0	18.2	82.5	17.5	Agregado Grueso.	5.7 %
N° 100	0.149	-	-	-	-	Agregado Fino.	94.3 %
N° 200	0.074	99.4	10.1	92.6	7.4	Fino Malla 200.	0.0 %
-200	-	72.3	7.4	100.0	-		

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Ninguna

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad JJ GEOTECNIA

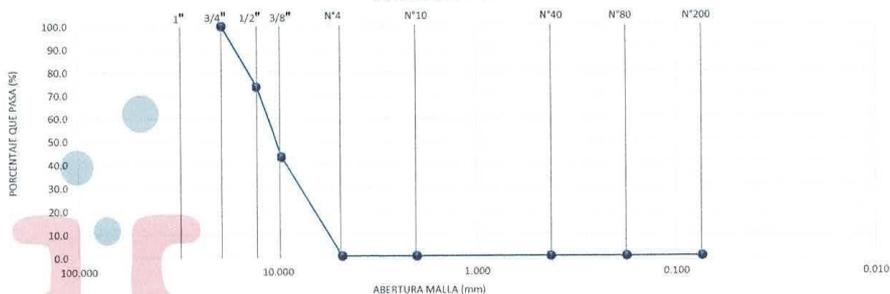
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

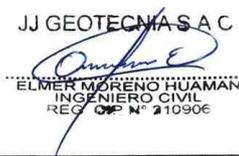
Solicitantes : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel
Tesis : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020
Ubicación : Lima.
Fecha de emisión : 13-11-2020

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)					CANTERA: "Cristopher"	
	ABERT. mm	Peso, g	% Retenido	% Acum.	% Pasa		
1"	25.400	-	-	-	100.0		
3/4"	19.050	-	-	-	100.0	Calculos.	
1/2"	12.700	374.0	28.4	28.4	73.6	Tara	K-7
3/8"	9.525	430.0	30.4	56.8	43.2	Peso de Tara	750.00 g
1/4"	6.350	-	-	-	-	Tara + muestra Humeda	2,172.00 g
N° 4	4.760	604.0	42.7	99.5	0.5	Tara + muestra Seca	2,165.00 g
N° 6	3.360	-	-	-	-	Contenido de Humedad (%)	0.49
N° 8	2.380	-	-	-	-		
N° 10	2.000	-	-	99.5	0.5	Muestra Seca	1,415.0 g
N° 16	1.190	-	-	-	-		
N° 20	0.840	-	-	99.5	0.5		
N° 30	0.590	-	-	-	-		
N° 40	0.426	-	-	99.5	0.5		
N° 50	0.297	-	-	-	-	Proporciones Agregados.	
N° 80	0.177	-	-	99.5	0.5	Agregado Grueso.	99.5 %
N° 100	0.149	-	-	-	-	Agregado Fino.	0.5 %
N° 200	0.074	-	-	99.5	0.5	Fino Malla 200.	0.0 %
-200	-	7.0	0.5	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES: Ninguna

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. Nº 210906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ABRASIÓN LOS ÁNGELES				
Solicitantes : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel Tesis : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020 Ubicación : Lima. Fecha emisión Informe : 13-11-2020					
Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación : Cantera "Christopher" Descripción : Grava triturada					
INFORME DE ENSAYO ABRASIÓN LOS ANGELES (MTC E207)					
	1	2	3	4	5
MUESTRA	"B"	"B"			
GRADACIÓN					
PESO MUESTRA	5000	5000			
1 1/2" - 1"					
1" - 3/4"					
3/4" - 1/2"	2500	2500			
1/2" - 3/8"	2500	2500			
3/8" - 1/4"	-	-			
1/4" - Nº 4	-	-			
Nº 4 - Nº 8	-	-			
RETENIDO Nº12	4410	4421			
PASA Nº 12	590	579			
% DESGASTE	11.8	11.8			
PROMEDIO	11.7 %				

Observaciones : Ninguna

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 JJ GEOTECNIA S.A.C ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. C.O. N° 210906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 JJ GEOTECNIA S.A. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA

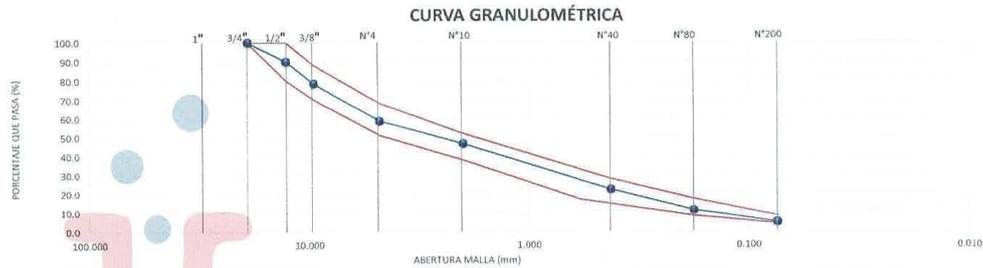
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

CERTIFICADO DE ENSAYO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (COMBINACIÓN DE AGREGADOS)

Solicitantes : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavari Vázquez Alex Joel
Tesis : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020
Ubicación : Lima.
Fecha de emisión : 13-11-2020

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)				MAC-2		CANTERAS: Cristopher (grava) Trapiche (arena)
	ABERT. mm	Grava	Arena triturada	% Pasa			
1"	25.400						
3/4"	19.050	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	
1/2"	12.700	73.6	100.0	90.0	80.0	100.0	
3/8"	9.525	43.2	100.0	78.4	70.0	88.0	
1/4"	6.350						
N° 4	4.760	0.5	94.3	58.6	51.0	68.0	
N° 6	3.360						
N° 8	2.380			48.6			
N° 10	2.000	0.5	74.8	46.6	38.0	52.0	
N° 15	1.190						
N° 20	0.840						
N° 30	0.590						
N° 40	0.426		35.7	22.3	17.0	28.0	
N° 50	0.297						
N° 80	0.177		17.5	11.0	8.0	17.0	
N° 100	0.149						
N° 200	0.074		7.4	4.7	4.0	8.0	
-200	-						

Mezcla de agregados			
Prueba N° 01	38	62	0



OBSERVACIONES: Ninguna

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA



Cel: 980703014 / 947280585
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos
 San Martín de Porres - Lima
 informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

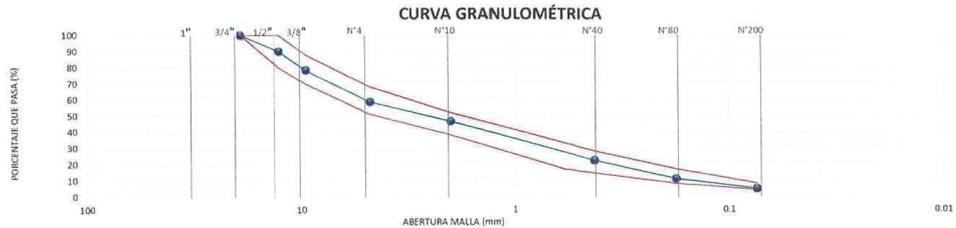
JJ GEOTECNIA SAC

SUELOS LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

**CERTIFICADO DE ENSAYO
 ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (COMBINACIÓN DE AGREGADOS)**

Solicitantes : Castillo Rullt Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel
Tesis : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020
Ubicación : Lima.
Fecha de informe : 13-11-2020

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				MAC-2	
	ABERT. mm	Grava	Arena triturada	Filler	% Pasa	
1"	25.400					
3/4"	19.050	100.0	100.0		99.5	100.0
1/2"	12.700	73.6	100.0		89.5	100.0
3/8"	9.525	43.2	100.0		77.9	88.0
1/4"	6.350					
N° 4	4.760	0.5	94.3		58.2	68.0
N° 6	3.360					
N° 8	2.380					
N° 10	2.000	0.5	74.8		48.2	52.0
N° 16	1.190					
N° 20	0.840					
N° 30	0.590					
N° 40	0.426		35.7	100.0	22.6	17.0
N° 50	0.297					
N° 80	0.177		17.5	100.0	11.4	8.0
N° 100	0.149					
N° 200	0.074		7.4	99.5	5.0	4.0
-200						
Mezcla de agregados						
Prueba N° 01		38.0	61.5	0.5		



OBSERVACIONES: Diseño MAC con Asfalto Modificado con Caucho 1.5 %



JJ GEOTECNIA S A C

ELMER MORENO HUAMAN
 INGENIERO CIVIL
 REG. O.P. N° 210906



JJ GEOTECNIA SAC
SUELOS LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Cel: 980703014 / 947280585
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos
San Martín de Porres - Lima
informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

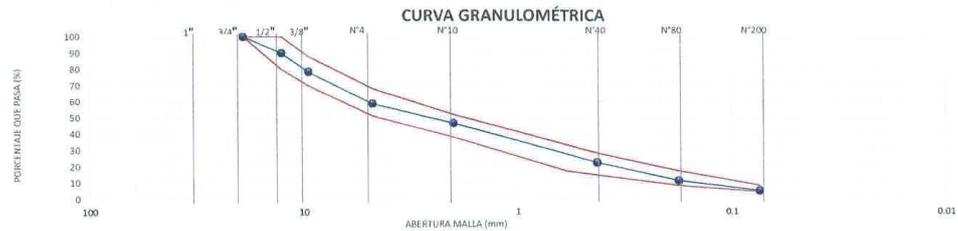
**CERTIFICADO DE ENSAYO
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (COMBINACIÓN DE AGREGADOS)**

Solicitantes : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel
Tesis : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020
Ubicación : Lima.
Fecha de Informe : 13-11-2020

TAMIZ ASTM	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM C136)				MAC-2	
	ABERT. mm	Grava	Arena triturada	Filler	% Pasa	
1"	25.400					
3/4"	19.050	100.0	100.0		99.5	100.0
1/2"	12.700		73.6	100.0	89.5	80.0
3/8"	9.525		43.2	100.0	77.9	70.0
1/4"	6.350					
N° 4	4.760	0.5	94.3		58.2	51.0
N° 6	3.360					68.0
N° 8	2.380					
N° 10	2.000	0.5	74.8		46.2	38.0
N° 16	1.190					52.0
N° 20	0.840					
N° 30	0.590					
N° 40	0.426		35.7	100.0	22.6	17.0
N° 50	0.297					28.0
N° 80	0.177		17.5	100.0	11.4	8.0
N° 100	0.149					17.0
N° 200	0.074		7.4	99.5	5.0	4.0
-200						8.0

Mezcla de agregados

Prueba N° 01	38.0	61.5	0.5
--------------	------	------	-----



OBSERVACIONES: Diseño MAC con asfalto convencional

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  INGENIERO CIVIL REG. SUP. N° 210906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
---	---	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS
Solicitantes : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel Tesis : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020 Ubicación : Lima. Fecha emisión Informe : 13-11-2020	
Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación : Cantera "Christopher" Descripción : Grava triturada	
INFORME DE ENSAYO PORCENTAJE DE CARAS FRACTURADAS EN LOS AGREGADOS (MTC E210)	

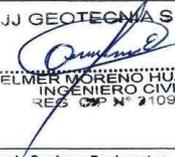
Porcentaje con una cara fracturada

Tamaño del Agregado	A	B	C	D	E
Pasa Tamiz Retenido T.	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD
1 1/2" 1"					
1" 3/4"					
3/4" 1/2"	494.3	494.3	100.0	44.19	44.19
1/2" 3/8"	324.9	324.9	100.0	29.05	29.05
3/8" 1/4"	299.3	299.3	100.0	26.76	26.76
TOTAL					100.0 %

Porcentaje con dos o más caras fracturadas

Tamaño del Agregado	A	B	C	D	E
Pasa Tamiz Retenido T.	(g)	(g)	(B/A)*100	% Parcial	CxD
1 1/2" 1"					
1" 3/4"					
3/4" 1/2"	494.3	494.3	100.0	44.19	44.19
1/2" 3/8"	324.9	324.9	100.0	29.05	29.05
3/8" 1/4"	299.3	299.3	100.0	26.76	26.76
TOTAL					100.00 %

Observaciones: Ninguna

Elaborado por: 	Revisado por:  JJ GEOTECNIA S A C ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL RES. C.P. N° 10906	Aprobado por:  JJ GEOTECNIA S A C CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		CERTIFICADO DE ENSAYO PESOS UNITARIOS				
Solicitantes		: Castillo Rutí Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel				
Tesis		: Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Uma, 2020				
Ubicación		: Lima.				
Fecha emisión Informe		: 13-11-2020				
Tipo de muestra		: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)				
Identificación		: Cantera "Christopher"				
Descripción		: Grava triturada				
INFORME DE ENSAYO PESOS UNITARIOS (MTC E203)						
MUESTRA						
	1	2	3	4	5	
A	Peso Mat + Molde	17880.0	17850.0	17910.0		
B	Peso Molde	4141.0	4141.0	4141.0		
C	Peso de Material	13749	13709	13769		
D	Volumen del Molde	9308.5	9308.5	9308.5		
E	Peso Unitario	1477.0	1472.7	1479.2		

PROMEDIO 1476.3 kg/m3

PESO UNITARIO COMPACTADO						
MUESTRA						
	1	2	3	4		
A	Peso Mat + Molde	18800.0	18820.0	18830.0		
B	Peso Molde	4141	4141	4141		
C	Peso de Material	14459	14479	14489		
D	Volumen del Molde	9308.5	9308.5	9308.5		
E	Peso Unitario Varillado	1553.3	1555.5	1559.5		

PROMEDIO 1554.4 kg/m3

Observaciones: Ninguna

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 JJ GEOTECNIA S.A.C. ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. C.O.P. N° 210906	 JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PESOS UNITARIOS
-------------------------------------	--

Solicitantes : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel
Tesis : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020
Ubicación : Lima.
Fecha emisión Informe : 13-11-2020

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación : Cantera Trapiche
Descripción : Arena triturada

INFORME DE ENSAYO PESOS UNITARIOS (MTC E203)

PESO UNITARIO SUELTO					
MUESTRA	1	2	3	4	5
A Peso Mat. + Molde	6070.0	6075.0	6080.0		
B Peso Molde	1824.0	1824.0	1824.0		
C Peso de Material	4246	4251	4256		
D Volumen del Molde	2812.6	2812.6	2812.6		
E Peso Unitario	1510	1511	1513		

PROMEDIO	1511 kg/m3
----------	------------

PESO UNITARIO COMPACTADO					
MUESTRA	1	2	3	4	5
A Peso Mat. + Molde	6580.0	6576.0	6576.0		
B Peso Molde	1824	1824	1824		
C Peso de Material	4756	4752	4754		
D Volumen del Molde	2812.6	2812.6	2812.6		
E Peso Unitario Varillado	1691	1690	1690		

PROMEDIO	1690 kg/m3
----------	------------

Observaciones: Ninguna

<p>Elaborado por:</p>  <p style="text-align: center;">JJ GEOTECNIA S.A.C. ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL RES. C.P. N° 210906</p> <p style="text-align: center;">Jefe de Laboratorio</p>	<p>Revisado por:</p>  <p style="text-align: center;">JJ GEOTECNIA S.A.C. ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL RES. C.P. N° 210906</p> <p style="text-align: center;">Ingeniero de Suelos y Pavimentos</p>	<p>Aprobado por:</p>  <p style="text-align: center;">JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD</p> <p style="text-align: center;">Control de Calidad JJ GEOTECNIA</p>
--	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		CERTIFICADO DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN				
Solicitantes		: Castillo Rutli Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel				
Tesis		: Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020				
Ubicación		: Lima.				
Fecha emisión informe		: 13-11-2020				
Tipo de muestra		: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)				
Identificación		: Cantera Trapiche				
Descripción		: Arena triturada				
INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (MTC E206)						
AGREGADO FINO						
	MUESTRA	1	2	3	4	PROMEDIO
A	Peso del mat. sat. superf. Seco (en el aire) (g)	530.00	500.00			
B	Peso fola calibrada con agua (g)	697.49	697.49			
C	Peso fola con agua + peso del mat. s.s.s. (g)	1197.49	1197.49			
D	Peso del mat. + peso fola + H ₂ O (g)	1001.77	1001.59			
E	Vol. de masa + vol. de vacíos (cc)	195.72	195.90			
F	Peso mat. seco en el horno (105°C) (g)	495.02	494.96			
G	Vol. de masa (g)	190.74	190.86			
H	Peso específico bulk (base seca) (g./cc)	2.529	2.527			2.528
I	Peso específico bulk (base saturada) (g./cc)	2.555	2.552			2.553
J	Peso específico aparente (base seca) (g./cc)	2.595	2.593			2.594
K	% de absorción	1.0	1.0			1.0

Observaciones: Ninguna

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 JJ GEOTECNIA S.A.C. ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. C.O.P. N° 210906	 JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

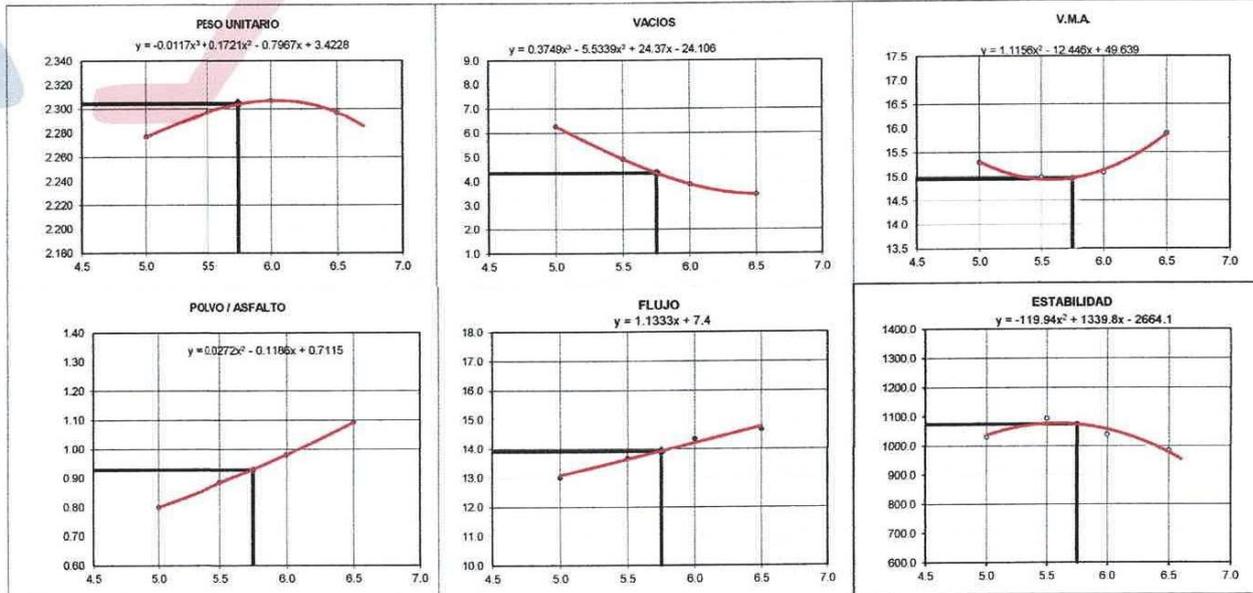
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN					
Solicitantes : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel Tesis : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020 Ubicación : Lima. Fecha emisión informe : 13-11-2020						
Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación : Cantera "Cristopher" Descripción : Grava triturada						
INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA Y ABSORCIÓN (MTC E206)						
AGREGADO GRUESO						
MUESTRA		1	2	3	4	PROMEDIO
A	Peso del mat. sal. superf. seco (en el aire) (g)	795.7	814.0			
B	Peso del mat. sal. superf. seco (en el agua) (g)	488.3	501.6			
C	Vol. de masa = Vol. de vacíos (cc)	306.40	314.0			
D	Peso del material seco en el horno (105°C) (g)	791.80	810.5			
E	Vol. de masa (g)	302.50	310.5			
F	Peso específico bulk (base seca) (g./cc)	2.584	2.581			2.583
G	Peso específico bulk (base saturada) (g./cc)	2.597	2.592			2.595
H	Peso específico aparente (base seca) (g./cc)	2.618	2.610			2.614
I	% de absorción	0.5	0.4			0.5

Observaciones: Ninguna

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	 JJ GEOTECNIA S A C ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. C.O.P. N° 210906	 JJ GEOTECNIA CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

**DETERMINACIÓN DEL ÓPTIMO DE CEMENTO ASFÁLTICO
CURVAS DE ENERGÍA DE COMPACTACIÓN CONSTANTE**

REFERENCIA : Ensayos de laboratorio
SOLICITANTE : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel
TESIS : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020
UBICACIÓN : Lima.
FECHA : 13-11-2020



OBSERVACIONES: Diseño MAC con asfalto convencional

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control d

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS EN LOS AGREGADOS
Solicitantes : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel Tesis : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020 Ubicación : Lima. Fecha emisión informe : 13-11-2020	
Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación : Cantera "Christopher" Descripción : Grava triturada	
PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS (ASTM D4791)	

Tamaño del Agregado		A	B	C	D	E
Pasa Tamiz	Retenido Tamiz	(g)	(g)	(B/A*100)	%	(CxD/100)
2"	1 1/2"					
1 1/2"	1"					
1"	3/4"					
3/4"	1/2"	494.3	14.0	2.8	44.19	1.25
1/2"	3/8"	324.9	15.1	4.6	29.05	1.35
3/8"	1/4"	299.3	13.2	4.4	26.76	1.18
TOTAL					3.78 %	

Observaciones: Ninguna

Elaborado por: 	Revisado por:  JJ GEOTECNIA S A C ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. C.O.P. N° 210906	Aprobado por:  JJ GEOTECNIA S A C CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO EQUIVALENTE DE ARENA
Solicitantes : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel Tesis : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020 Ubicación : Lima. Fecha emisión Informe : 13-11-2020	
Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación : Cantera Trapiche Descripción : Arena triturada	
EQUIVALENTE DE ARENA (MTC E514)	

DESCRIPCIÓN	MUESTRAS			
	1	2	3	4
Tamaño máximo (pasa malla N° 4) mm	4.76	4.76		
Hora de entrada a saturación	08:53	09:01		
Hora de salida de saturación (10')	09:03	09:11		
Hora de entrada a decantación	09:05	09:13		
Hora de salida de decantación (20')	09:25	09:33		
Lectura Inicial pulg	5.0	5.0		
Lectura Final pulg	3.2	3.2		
Equivalente de Arena %	64.0	64.0		
PROMEDIO	64.0 %			

Observaciones: Ninguna

Elaborado por:  	Revisado por:  JJ GEOTECNIA S A C ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. C. P. N° 210906	Aprobado por:  JJ GEOTECNIA S A C CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

**DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO**

REFERENCIA : Ensayos de laboratorio
SOLICITANTE : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel
TESIS : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020
UBICACIÓN : Lima.
FECHA : 13-11-2020

1.- Mezcla de agregados (Dosificación)

Agregado grava triturada TMN 1/2"	Cantera "Cristopher "	: 38.0 %
Agregado arena triturada	Cantera "Trapiche"	: 61.5 %
Filler		: 0.5 %
Gradación		: MAC-2 "Especificación técnica MTC EG -2013 sección (423)"

2.- Ligante asfáltico

Tipo de asfalto	: PEN 60 / 70 MODIFICADO CON CAUCHO 1.5 %
% óptimo de asfalto residual	: 6.20%

3.- Características marshall modificado

Parámetros de diseño		- 0.2 %	% Óptimo	+0.2%	Especificación EG 2013
GOLPES	Nº		75.0		75
CEMENTO ASFÁLTICO	%	6.00	6.20	6.40	
PESO UNITARIO	kg/m3	2.359	2.359	2.357	
VACIOS	%	4.7	4.5	4.2	3 - 5
V.M.A.	%	13.1	13.3	13.6	
V. LL.C.A.	%	64.6	67.3	69.6	
POLVO / ASFALTO	%	0.7	0.8	0.8	0.6 - 1.3
FLUJO	mm	15.5	15.8	16.0	8 - 14
ESTABILIDAD	kN	13.6	13.9	13.7	8.15
ESTABILIDAD/ FLUJO	kg/cm	3518.7	3515.7	3411.3	1700 - 4000
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Mpa		2.5		2.1
RESISTENCIA RETENIDA	%		79		75
RESISTENCIA CONSERVADA	%		82		80

OBSERVACIONES: Diseño MAC con Asfalto Modificado con Caucho 1.5 %

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
	<p>JJ GEOTECNIA S.A.C.</p>  <p>ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. C.P. N° 210906</p>	<p>JJ GEOTECNIA S.A.C.</p>  <p>CONTROL DE CALIDAD</p>

DISEÑO DE MEZCLA EN CALIENTE
MÉTODO ILLINOIS - MARSHALL MODIFICADO

REFERENCIA : Ensayos de laboratorio
SOLICITANTE : Castillo Ruti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel
TESIS : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020
UBICACIÓN : Lima.
FECHA : 13-11-2020

1.- Mezcla de agregados (Dosificación)

Agregado grava triturada TMN 1/2" Cantera "Christopher" : 38.0 %
Agregado arena triturada Cantera "Trapiche" : 61.5 %
Filler : 0.5 %
Gradación : MAC-2 "Especificación técnica MTC EG -2013 sección (423)"

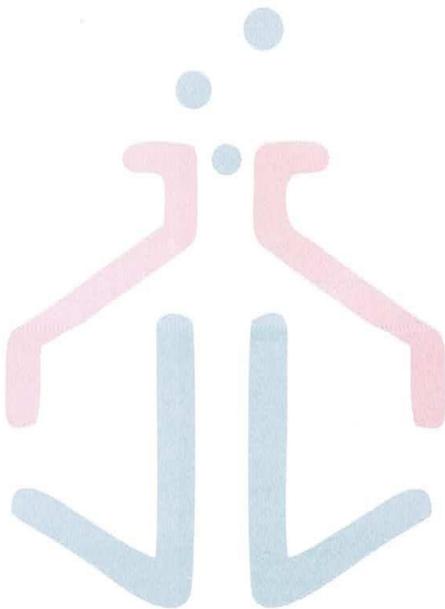
2.- Ligante asfáltico

Tipo de asfalto : PEN 60 / 70
% optimo de asfalto residual : 5.76 %

3.- Características marshall modificado

Parámetros de diseño		- 0.2 %	% Óptimo	+0.2%	Especificación EG 2013
GOLPES	N°		75.0		75
CEMENTO ASFÁLTICO	%	5.55	5.75	5.95	
PESO UNITARIO	kg/m3	2.289	2.304	2.307	
VACIOS	%	4.8	4.3	4.0	3 - 5
V.M.A.	%	14.9	15.0	15.1	
V. L.L.C.A.	%	68.3	71.0	73.5	
POLVO / ASFALTO	%	0.9	0.9	1.0	0.6 - 1.3
FLUJO	mm	13.7	13.9	14.1	8 - 14
ESTABILIDAD	kN	10.8	10.7	10.6	8.15
ESTABILIDAD/ FLUJO	kg/cm	3147.9	3087.7	3002.3	1700 - 4000
RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN	Mpa		2.5		2.1
RESISTENCIA RETENIDA	%		78		75
RESISTENCIA CONSERVADA	%		80		80

OBSERVACIONES: Diseño MAC con asfalto convencional



JJ GEOTECNIA SAC
Elmer Moreno Huaman
ELMER MORENO HUAMAN
INGENIERO CIVIL
REG. C. P. N° 210906

**CERTIFICADO DE ENSAYO
ENSAYO MARSHALL**

Solicitantes : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarrí Vázquez Alex Joel
Tesis : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020
Ubicación : Lima.
Fecha de informe : 13-11-2020

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación : Mezcla de agregados
Descripción : Diseño MAC con asfalto convencional

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

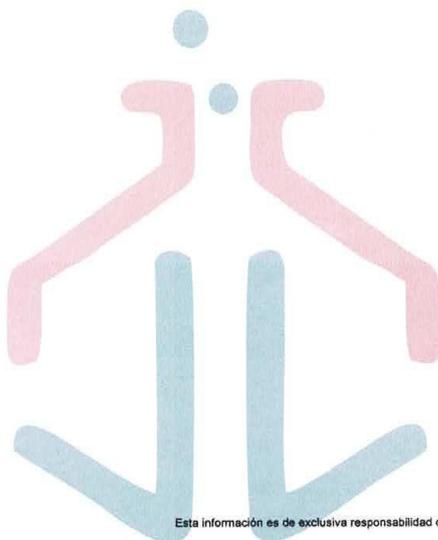
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100	99.3	89.5	77.9	58.2	46.2	22.6	11.4	5.0
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRUQUETA Nº					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					6.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39.33			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54.20			
4	% Cemento Portland					0.47			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.583			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.528			
8	Peso Especifico del Cemento portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1210.0	1212.0	1209.0		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1210.0	1212.0	1209.0		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				687.3	686.5	683.0		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				522.7	525.5	526.0		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.315	2.306	2.298	2.307	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.400			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				3.5	3.9	4.2	3.9	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.553			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.627			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.12			
22	% de Asfalto Efectivo					4.94			
23	Relacion Filler/Betun					0.98			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				14.8	15.1	15.4	15.1	14
25	% Vacios llenos con C.A.				76.1	74.2	72.6	74.3	
26	Flujo 0.01"(0,25 mm)				14.0	14.0	15.0	14.3	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1037	1089	1078		
28	Factor de estabilidad				1.00	0.96	0.96		
29	Estabilidad Corregida 27 + 28				1037	1045	1035	1039	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				2963	2987	2760	2903	1700 - 4000

OBSERVACIONES: Diseño MAC con asfalto convencional

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		CERTIFICADO DE ENSAYO ENSAYO MARSHALL									
Solicitantes : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel Tesis : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020 Ubicación : Lima Fecha de informe : 13-11-2020											
Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación : Mezcla de agregados Descripción : Diseño MAC con Asfalto Modificado con Caucho 1.5 %											
INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)											
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200		
% PASA MATERIAL	100	99.5	89.5	77.9	58.2	46.2	22.6	11.4	5.0		
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8		
BRQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO		ESPECIF.	
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					6.0					
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39.33					
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54.20					
4	% Cemento Portland					0.47					
5	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.018					
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.583					
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.528					
8	Peso Especifico del Cemento portland (Aparente) gr/cc					3.120					
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc										
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc										
11	Altura promedio de la briqueta cm										
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1194.0	1202.8	1199.9				
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1196.3	1203.4	1201.6				
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				690.4	694.2	692.1				
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				505.9	509.2	509.5				
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.360	2.362	2.355	2.359			
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.477					
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				4.7	4.7	4.9	4.8		3 - 5	
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.553					
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.727					
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					2.54					
22	% de Asfalto Efectivo					3.61					
23	Relacion Filler/Betun					0.72					0.6 - 1.3
24	V.M.A.				13.1	13.0	13.3	13.1		14	
25	% Vacios llenos con C.A.				63.9	64.3	62.9	63.7			
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				15.0	15.0	16.0	15.3		8 - 14	
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1395	1341	1295				
28	Factor de estabilidad				1.04	1.00	1.00				
29	Estabilidad Corregida 27 + 28				1451	1341	1295	1362		MIN 815	
30	Estabilidad / Flujo				3869	3576	3238	3561		1700 - 4000	

OBSERVACIONES: Diseño MAC con Asfalto Modificado con Caucho 1.5 %



JJ GEOTECNIA S A C

 ELMER MORENO HUAMAN
 INGENIERO CIVIL
 REG. O.P. N° 210906

**CERTIFICADO DE ENSAYO
ENSAYO MARSHALL**

Solicitantes : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavari Vázquez Alex Joel
Tesis : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020
Ubicación : Lima.
Fecha de informe : 13-11-2020

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación : Mezcla de agregados
Descripción : Diseño MAC con asfalto convencional

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

TAMICES ASTM	1"	3/4"	3/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100	99.5	89.5	77.9	58.2	46.2	22.6	11.4	5.0
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRQUETA N°	1		2		3		PROMEDIO		ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla				5.5				
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla				39.53				
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla				54.49				
4	% Cemento Portland				0.47				
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc				1.018				
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc				2.583				
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc				2.528				
8	Peso Especifico del Cemento portland (Aparente) gr/cc				3.120				
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1212.0	1213.0	1210.0		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1213.0	1214.0	1211.0		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				686.5	685.0	684.0		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				526.5	529.0	527.0		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.302	2.293	2.296	2.297	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)				2.416				
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				4.7	5.1	4.9	4.9	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total				2.553				
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total				2.625				
21	Asfalto Absorbido por el Agregado				1.09				
22	% de Asfalto Efectivo				4.47				
23	Relacion Filler/Betun				0.88				0.6 - 1.3
24	V.M.A.				14.8	15.1	15.0	15.0	14
25	% Vacios llenos con C.A.				68.2	66.5	67.1	67.3	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				14.0	13.0	14.0	13.7	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1159	1128	1134		
28	Factor de estabilidad				0.96	0.96	0.96		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1113	1081	1089	1094	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3179	3326	3110	3205	1700 - 4000

OBSERVACIONES: Diseño MAC con asfalto convencional

 Elaborado por:	Revisado por:  ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. C.O.P. N° 210906	Aprobado por:  JJ GEOTECNIA S.A. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA



JJ GEOTECNIA SAC
SUELOS - CONCRETOS - LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Cel: 980703014 / 947280585
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos
San Martín de Porres - Lima
informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

**CERTIFICADO DE ENSAYO
ENSAYO MARSHALL**

Solicitantes : Castillo Ruti Alvaro Enrique / Chavari Vázquez Alex Joel
Tesis : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020
Ubicación : Lima.
Fecha de informe : 13-11-2020

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación : Mezcla de agregados
Descripción : Diseño MAC con asfalto convencional

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

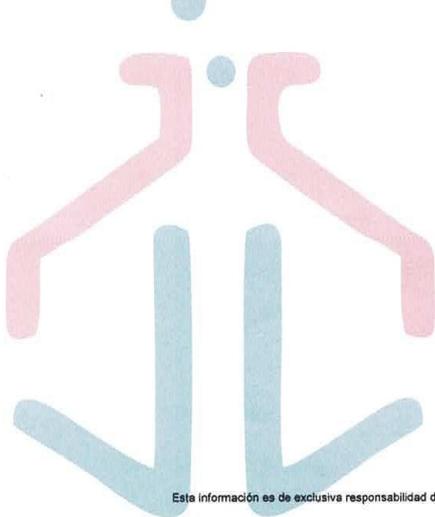
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100	99.5	89.5	77.9	58.2	46.2	22.6	11.4	5.0
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39.74			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54.78			
4	% Cemento Portland					0.48			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.583			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.528			
8	Peso Especifico del Cemento portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1212.0	1212.0	1212.0		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1214.0	1214.0	1214.0		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				681.0	681.0	683.0		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				533.0	533.0	531.0		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.274	2.274	2.282	2.277	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.429			
18	% de Vacios = $(17-16) \times 100 / 17$ (ASTM D 3203)				6.4	6.4	6.0	6.3	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.553			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.620			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.02			
22	% de Asfalto Efectivo					4.03			
23	Relación Polvo/Asfalto					0.80			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				15.4	15.4	15.1	15.3	14
25	% Vacios llenos con C.A.				58.6	58.6	60.0	59.0	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				12.0	13.0	14.0	13.0	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1090	1054	1078		
28	Factor de estabilidad				0.96	0.96	0.96		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1046	1012	1033	1030	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3488	3113	2951	3184	1700 - 4000

OBSERVACIONES: Diseño MAC con asfalto convencional

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS REC. N° 10906	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD JJ GEOTECNIA
---	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		CERTIFICADO DE ENSAYO ENSAYO MARSHALL							
Solicitantes : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel Tesis : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020 Ubicación : Lima Fecha de Informe : 13-11-2020									
Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC) Identificación : Mezcla de agregados Descripción : Diseño MAC con Asfalto Modificado con Caucho 1.5 %									
INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)									
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100	99.5	89.5	77.9	58.2	46.2	22.6	11.4	5.0
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRQUETA N°					1	2	3	PRMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					5.0			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39.74			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					54.78			
4	% Cemento Portland					0.48			
5	Peso Especifico Aparente del C.A. (Aparente) gr/cc					1.018			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.583			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.528			
8	Peso Especifico del Cemento portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1197.3	1197.9	1200.4		
13	Peso de la briqueta al agua por 60' (gr)				1199.6	1200.1	1203.2		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				687.1	685.3	691.2		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				512.5	514.8	512.0		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.336	2.327	2.345	2.336	
17	Peso Especifico Maximo - Ríce (ASTM D 2041)					2.515			
18	% de Vacíos = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				7.1	7.5	6.8	7.1	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.553			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.725			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					2.52			
22	% de Asfalto Efectivo					2.61			
23	Relación Polvo/Asfalto					0.52			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				13.1	13.4	12.8	13.1	14
25	% Vacíos llenos con C.A.				45.7	44.4	47.0	45.7	
26	Flujo 0.01"(0,25 mm)				14.0	15.0	14.0	14.3	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1102	1098	1106		
28	Factor de estabilidad				1.00	1.00	1.00		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1102	1098	1106	1102	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				3149	2928	3160	3079	1700 - 4000

OBSERVACIONES: Diseño MAC con Asfalto Modificado con Caucho 1.5 %



JJ GEOTECNIA S A C

 ELMER MORENO HUAMAN
 INGENIERO CIVIL
 REG. CIP. N° 210906



JJ GEOTECNIA SAC
SUELOS LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES

Cel: 980703014 / 947280585
Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos
San Martín de Porres - Lima
informes@jjgeotecniasac.com

www.jjgeotecniasac.com

CERTIFICADO DE ENSAYO
ENSAYO MARSHALL

Solicitantes : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarrí Vázquez Alex Joel
Tesis : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020
Ubicación : Lima.
Fecha de informe : 13-11-2020

Tipo de muestra : Mezcla asfáltica en caliente (MAC)
Identificación : Mezcla de agregados
Descripción : Diseño MAC con asfalto convencional

INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)

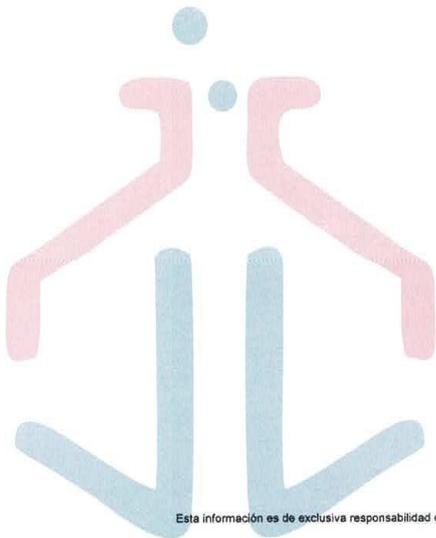
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200
% PASA MATERIAL	100	99.5	89.5	77.9	58.2	46.2	22.6	11.4	5.0
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8
BRIQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					6.5			
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39.12			
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53.92			
4	% Cemento Portland					0.47			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018			
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.583			
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.528			
8	Peso Especifico del Cemento portland (Aparente) gr/cc					3.120			
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc								
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc								
11	Altura promedio de la briqueta cm								
12	Peso de la briqueta al aire (gr)				1214.0	1213.0	1211.0		
13	Peso de la briqueta al agua por 60 '(gr)				1214.0	1213.0	1211.0		
14	Peso de la briqueta desplazada (gr)				685.0	684.0	685.0		
15	Volumen de la briqueta por desplazamiento (cc) = (13-14)				529.0	529.0	526.0		
16	Peso especifico Bulk de la Briqueta = (12/15)				2.295	2.293	2.302	2.297	
17	Peso Especifico Maximo - Rice (ASTM D 2041)					2.379			
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				3.5	3.6	3.2	3.5	3 - 5
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.553			
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.623			
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					1.06			
22	% de Asfalto Efectivo					5.51			
23	Relacion Filler/Betun					1.09			0.6 - 1.3
24	V.M.A.				16.0	16.0	15.7	15.9	14
25	% Vacios llenos con C.A.				77.9	77.5	79.5	78.3	
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				15.0	14.0	15.0	14.7	8 - 14
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1001	1049	1021		
28	Factor de estabilidad				0.96	0.96	0.96		
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				961	1007	980	983	MIN 815
30	Estabilidad / Flujo				2563	2878	2615	2685	1700 - 4000

OBSERVACIONES: Diseño MAC con asfalto convencional

Elaborado por:  JJE B°	Revisado por: JJ GEOTECNIA S A C  ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. CIP N° 210906	Aprobado por:  JJ GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad JJ GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES		CERTIFICADO DE ENSAYO ENSAYO MARSHALL									
Solicitantes		: Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel									
Tesis		: Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020									
Ubicación		: Lima.									
Fecha de informe		: 13-11-2020									
Tipo de muestra		: Mezcla asfáltica en caliente (MAC)									
Identificación		: Mezcla de agregados									
Descripción		: Diseño MAC con Asfalto Modificado con Caucho 1.5 %									
INFORME DE ENSAYO MARSHALL (ASTM D1559)											
TAMICES ASTM	1"	3/4"	1/2"	3/8"	No 4	No 10	No 40	No 80	No 200		
% PASA MATERIAL	100	99.5	89.5	77.9	58.2	46.2	22.6	11.4	5.0		
ESPECIFICACIONES	100	80 - 100	67 - 85	60 - 77	43 - 61	29 - 45	14 - 25	8 - 17	4 - 8		
BRQUETA N°					1	2	3	PROMEDIO	ESPECIF.		
1	% C.A. en Peso de la Mezcla					6.5					
2	% Grava > N°4 en peso de la Mezcla					39.12					
3	% Arena < N°4 en peso de la Mezcla					53.92					
4	% Cemento Portland					0.47					
5	Peso Especifico Aparente del C.A.(Aparente) gr/cc					1.018					
6	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Bulk) gr/cc					2.583					
7	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Bulk) gr/cc					2.528					
8	Peso Especifico del Cemento portland (Aparente) gr/cc					3.120					
9	Peso Especifico de la Grava > N°4 (Aparente) gr/cc										
10	Peso Especifico de la Arena < N°4 (Aparente) gr/cc										
11	Altura promedio de la briketa cm										
12	Peso de la briketa al aire (gr)				1190.1	1194.2	1191.9				
13	Peso de la briketa al agua por 60° (gr)				1191.7	1195.9	1193.0				
14	Peso de la briketa desplazada (gr)				687.4	688.2	686.5				
15	Volumen de la briketa por desplazamiento (cc) = (13-14)				504.3	507.7	506.5				
16	Peso especifico Bulk de la Briketa = (12/15)				2.360	2.352	2.353	2.355			
17	Peso Especifico Máximo - Rice (ASTM D 2041)					2.453					
18	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)				3.8	4.1	4.1	4.0	3 - 5		
19	Peso Especifico Bulk Agregado Total					2.553					
20	Peso Especifico Efectivo Agregado total					2.720					
21	Asfalto Absorbido por el Agregado					2.44					
22	% de Asfalto Efectivo					4.22					
23	Relacion Filler/Betun					0.84				0.6 - 1.3	
24	V.M.A.				13.6	13.9	13.8	13.8	14		
25	% Vacios llenos con C.A.				72.0	70.3	70.6	71.0			
26	Flujo 0,01"(0,25 mm)				16.0	16.0	17.0	16.3	8 - 14		
27	Estabilidad sin corregir (Kg)				1287	1309	1282				
28	Factor de estabilidad				1.04	1.04	1.04				
29	Estabilidad Corregida 27 * 28				1338	1361	1312	1337	MIN 815		
30	Estabilidad / Flujo				3346	3404	3088	3279	1700 - 4000		

OBSERVACIONES: Diseño MAC con Asfalto Modificado con Caucho 1.5 %

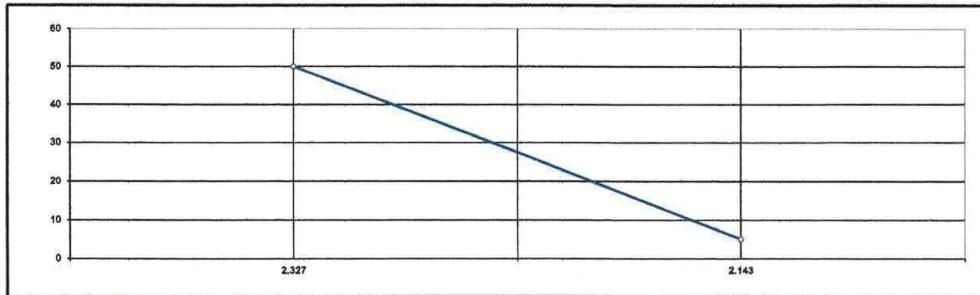


JJ GEOTECNIA S A C
Elmer Moreno Huaman
ELMER MORENO HUAMAN
INGENIERO CIVIL
REG. OF. N° 210906

INFORME DE ENSAYO ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD

REFERENCIA : Ensayos de laboratorio
SOLICITANTE : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel
TESIS : Diseño de mezcla asfática en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020
UBICACIÓN : Lima.
FECHA : 13-11-2020

ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD



	01	02	03	04
Nº de Muestras	50	50	5	5
Nº de Golpes Marshall	1253.0	1255.1	1256.6	1254.9
1.- Peso Briqueta al Aire	1259.9	1260.2	1269.5	1269.6
2.- Peso Briqueta Saturada con Superf. Seca	719.4	722.9	684.5	682.9
3.- Peso por Desplazamiento	540.5	537.3	585.0	586.8
4.- Volumen de la Briqueta	2.318	2.336	2.148	2.139
5.- Peso Unitario (Gr/cc)				
PROMEDIOS	2.327		2.143	

2.327	2.143
50	5

1
0.194
GEB(50) - GEB(5)

IC =	5.44
------	------

OBSERVACIONES: Diseño MAC con asfalto convencional

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad JJ GEOTECNIA

INFORME DE ENSAYO DE RESISTENCIA CONSERVADA (AASHTO T283)

REFERENCIA : Ensayos de laboratorio
SOLICITANTE : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel
TESIS : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020
UBICACIÓN : Lima.
FECHA : 13-11-2020

RESISTENCIA CONSERVADA (AASHTO T283)						
N° DE PROBETAS	Grupo seco			Grupo húmedo		
	01	02	Promedio	04	05	06
1	10.16	10.17		10.16	10.16	
2	6.69	6.71		6.70	6.71	
3	6.20	6.20		6.20	6.20	
4	1210.0	1204.0		1206.0	1209.0	
5	1216.0	1211.0		1211.0	1215.0	
6	688.0	685.0		684.0	686.0	
7	528.0	528.0		527.0	529.0	
8	2.282	2.289		2.288	2.285	
9	7.2	7.3		7.4	7.5	
10	292	287		230	227	
11	0.93	0.93		0.93	0.93	
12	272	267		214	211	
13	2.5	2.5	2.5			
14	79	79	79			
15	Promedio Estabilidad (30 Minutos) (kg)					
	283					
16	Promedio Estabilidad (24 Horas) (kg)					
	233					
17	Resistencia conservada (%)					
	82					

OBSERVACIONES: Diseño MAC con Asfalto Modificado con Caucho 1.5 %

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		

INFORME DE ENSAYO DE RESISTENCIA CONSERVADA (AASHTO T283)

REFERENCIA : Ensayos de laboratorio
SOLICITANTE : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel
TESIS : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020
UBICACIÓN : Lima.
FECHA : 13-11-2020

RESISTENCIA CONSERVADA (AASHTO T283)						
N° DE PROBETAS	Grupo seco			Grupo húmedo		
	01	02	Promedio	04	05	06
1	Diametro	10.15	10.17	10.15	10.15	
2	Espesor	6.69	6.71	6.70	6.71	
3	Contenido de Cemento Asfáltico	5.75	5.76	5.75	5.75	
4	Peso Probeta al Aire	1213.0	1210.0	1211.0	1209.0	
5	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	1219.0	1216.0	1218.0	1215.0	
6	Peso de la Probeta en el Agua	675.0	672.0	674.0	672.0	
7	Volumen de la Probeta	544.0	544.0	544.0	543.0	
8	Peso Especifico Bulk de la Probeta	2.230	2.224	2.226	2.227	
9	% de Vacios = (17-16)x100/17 (ASTM D 3203)	7.5	7.7	7.6	7.6	
10	Estabilidad sin corregir	286	276	223	215	
11	Factor Estabilidad	0.93	0.93	0.93	0.93	
12	Estabilidad corregida (kg)	266	259	207	200	
13	Resistencia a la compresión	2.5	2.4	2.5		
14	Resistencia retenida (%)	78	77	78		
15	Promedio Estabilidad (30 Minutos) (kg)	277				
16	Promedio Estabilidad (24 Horas) (kg)				221	
17	Resistencia conservada (%)	80				

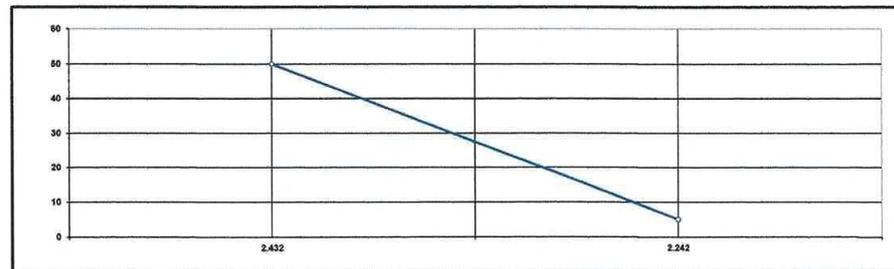
OBSERVACIONES: Diseño MAC con asfalto convencional

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por: JJ GEOTECNIA S A C  ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. C. P. N° 210906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
--	--	---

INFORME DE ENSAYO ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD

REFERENCIA	: Ensayos de laboratorio
SOLICITANTE	: Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel
TESIS	: Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020
UBICACIÓN	: Lima.
FECHA	: 13-11-2020

ÍNDICE DE COMPACTIBILIDAD



Nº de Muestras	01	02	03	04
Nº de Golpes Marshall	50	50	5	5
1.- Peso Briqueta al Aire	1213.0	1211.1	1206.6	1204.9
2.- Peso Briqueta Saturada con Superf. Sece	1219.9	1219.2	1222.6	1220.6
3.- Peso por Deslizamiento	719.4	722.9	834.5	882.9
4.- Volumen de la Briqueta	500.5	496.3	538.0	537.8
5.- Peso Unitario (Gr/cc)	2.424	2.440	2.243	2.241
PROMEDIOS		2.432		2.242

2,432	2,242
50	5

1
0.190
GEB(50) - GEB(5)

IC = 5.25

OBSERVACIONES: Diseño MAC con Asfalto Modificado con Caucho 1.5 %



JJ GEOTECNIA SAC

Elmer Moreno Huaman
ELMER MORENO HUAMAN
INGENIERO CIVIL
REG. C.O.P. N° 210906

CERTIFICADO DE ENSAYO
ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA

Solicitantes : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel
Tesis : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020
Ubicación : Lima.
Fecha de informe : 13-11-2020

INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)

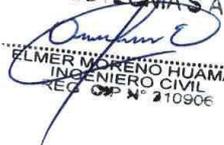
MUESTRA N°	01	02	03	04	05
1.- PESO DEL FRASCO	3317.0	3317.0	3317.0	3317.0	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	8067.0	8067.0	8067.0	8067.0	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	7568.0	7564.0	7559.0	7555.0	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	8780.0	8779.0	8778.0	8773.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1212.0	1215.0	1219.0	1218.0	
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	499.0	503.0	508.0	512.0	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.429	2.416	2.400	2.379	
CONTENIDO % C.A.	5.00	5.50	6.00	6.50	

OBSERVACIONES: Diseño MAC con asfalto convencional

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por: JJ GEOTECNIA S A C  ELMER MORENO HUAMAN INGENIERO CIVIL REG. C.O.P. N° 210906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: JJ GEOTECNIA S.A.  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad JJ GEOTECNIA
--	---	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA				
Solicitantes : Castillo Rutti Alvaro Enrique / Chavarri Vázquez Alex Joel Tesis : Diseño de mezcla asfáltica en caliente con la incorporación de caucho reciclado Lima, 2020 Ubicación : Lima. Fecha de informe : 13-11-2020					
INFORME DE ENSAYO GRAVEDAD ESPECÍFICA TEÓRICA MÁXIMA (ASTM D2041)					
MUESTRA N°	01	02	03	04	05
1.- PESO DEL FRASCO	3317.0	3317.0	3317.0	3317.0	
2.- PESO DEL FRASCO + AGUA+ VIDRIO	8067.0	8067.0	8067.0	8067.0	
3.- DIFERENCIA DEL PESO (04) - (05)	7587.0	7584.0	7583.0	7577.0	
4.- PESO DEL FRASCO + MUESTRA + AGUA	8794.0	8787.0	8782.0	8779.0	
5.- PESO NETO DE LA MUESTRA	1207.0	1203.0	1199.0	1202.0	
6.- AGUA DESPLAZADA (2) - (3)	480.0	483.0	484.0	490.0	
PESO ESPECIFICO MAXIMO DE LA MUESTRA (5) / (6)	2.515	2.491	2.477	2.453	
CONTENIDO % C.A.	5.00	5.50	6.00	6.50	

Observaciones : Diseño MAC con Asfalto Modificado con Caucho 1.5 %

JJ GEOTECNIA S A C

 ELMER MORENO HUAMAN
 INGENIERO CIVIL
 REG. O.P. N° 210906



Certificado de Calibración
TC - 4370 - 2020

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de LO JUSTO	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1	IP-140-2019 Mayo 2019
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Juego de Pesas 2 kg a 5 kg Clase de Exactitud F1	LM-147-2019 Mayo 2019

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCION VISUAL

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	21,9 °C	21,9 °C
Humedad Relativa	64 %	64 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	1 100,000	1 099,99	5	-10	1	2 200,000	2 199,96	4	-19
2		1 099,99	3	-8	2		2 199,99	4	-9
3		1 099,96	4	-19	3		2 199,96	5	-20
4		1 099,96	4	-19	4		2 199,96	4	-19
5		1 099,99	4	-9	5		2 199,99	4	-9
6		1 099,96	5	-20	6		2 199,96	4	-19
7		1 099,96	3	-16	7		2 199,96	3	-16
8		1 099,96	5	-20	8		2 199,99	4	-9
9		1 099,99	5	-10	9		2 199,99	5	-10
10		1 099,99	5	-10	10		2 199,99	5	-10
Emáx - Emin (mg)				12	Emáx - Emin (mg)				11
error máximo permitido (±mg)				200	error máximo permitido (±mg)				300



CERTIFICADO DE CALIBRACION

TC - 4370 - 2020

PROFORMA : 1696A Fecha de emisión : 2020-05-25

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : CAL.LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA-LIMA-SAN MARTÍN DE PORRES

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA
Tipo : ELECTRÓNICA
Marca : SARTORIUS
Modelo : LC2201S
N° de Serie : 50310007
Capacidad Máxima : 2200 g
Resolución : 0,01 g
División de Verificación : 0,1 g
Clase de Exactitud : II
Capacidad Mínima : 5 g
Procedencia : ALEMANIA
N° de Parte : No Indica
Identificación : No Indica
Ubicación : LABORATORIO
Variación de ΔT Local : 5 °C
Fecha de Calibración : 2020-05-25

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



Certificado de Calibración
TC - 4370 - 2020

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de LO JUSTO	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1	IP-140-2019 Mayo 2019
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Juego de Pesas 2 kg a 5 kg Clase de Exactitud F1	LM-147-2019 Mayo 2019

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCION VISUAL

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

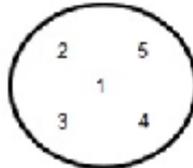
ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	21,9 °C	21,9 °C
Humedad Relativa	64 %	64 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	1 100,000	1 099,99	5	-10	1	2 200,000	2 199,98	4	-19
2		1 099,99	3	-5	2		2 199,99	4	-9
3		1 099,98	4	-19	3		2 199,98	5	-20
4		1 099,98	4	-19	4		2 199,98	4	-19
5		1 099,99	4	-9	5		2 199,99	4	-9
6		1 099,98	5	-20	6		2 199,98	4	-19
7		1 099,98	3	-18	7		2 199,98	3	-18
8		1 099,98	5	-20	8		2 199,99	4	-9
9		1 099,99	5	-10	9		2 199,99	5	-10
10		1 099,99	5	-10	10		2 199,99	5	-10
Emáx - Emin (mg)				12	Emáx - Emin (mg)				11
error máximo permitido (±mg)				200	error máximo permitido (±mg)				300



Certificado de Calibración
TC - 4370 - 2020



ENSAYO DE EXCENRICIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,1 °C	22,2 °C
Humedad Relativa	63 %	63 %

N°	Determinación de Error Eo				Determinación de Error Corregido Ec					e.m.p. (±mg)
	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1	1,000	1,00	4	1	800,000	799,99	4	-9	-10	200
2		1,00	5	0		799,96	4	-19	-19	
3		1,00	4	1		799,96	5	-20	-21	
4		1,00	4	1		799,96	5	-20	-21	
5		1,00	5	0		799,99	5	-10	-10	

ENSAYO DE PESAJE

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,2 °C	22,3 °C
Humedad Relativa	63 %	63 %

Carga (g)	Crecientes				Decrecientes				e.m.p. (±mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,000	0,10	4	101						
0,000	1,00	5	1 000	899	1,00	4	1 001	900	100
0,000	10,00	4	10 001	9 900	10,00	5	10 000	9 899	100
0,000	100,00	4	100 001	99 900	100,00	5	100 000	99 899	100
0,000	500,00	5	500 000	499 899	499,99	4	499 991	499 890	100
0,000	799,99	4	799 991	799 890	799,99	4	799 991	799 890	200
0,000	999,99	4	999 991	999 890	1 000,00	5	1 000 000	999 899	200
0,000	1 099,99	5	1 099 990	1 099 899	1 099,99	5	1 099 990	1 099 899	200
0,000	1 499,99	5	1 499 990	1 499 899	1 500,01	5	1 500 010	1 499 909	200
2 000,004	1 999,99	5	-14	-115	1 999,99	4	-13	-114	200
2 000,004	2 199,99	4	199 987	199 886	2 199,99	4	199 987	199 886	300

Donde:

I : Indicación de la balanza
R : Lectura de la balanza posterior a la calibración (g)
ΔL : Carga adicional
E : Error del instrumento
Eo : Error en cero
Ec : Error corregido

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

Lectura Corregida	:	$R_{\text{corregida}} = R - 4,58 \times 10^{-1} \times R$
Incetidumbre Expandida	:	$U_{95} = 2 \times \sqrt{7,73 \times 10^{-5} \text{ g}^2 + 2,26 \times 10^{-10} \times R^2}$

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.
La indicación de la balanza fue de 1 999,97 g para una carga de valor nominal 2200 g.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
TC-4374-2020

PROFORMA : 1696A

Fecha de emisión : 2020 - 05 - 27

Página : 1 de 2

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA MARSHALL

Marca : NO INDICA

Modelo : NO INDICA

Nº Serie : NO INDICA

Intervalo de indicación : 5000 Kg

Resolución : 0,1 Kg

CELDA DE CARGA

Marca : Kell

Modelo : A-FED

Serie : 5X70636

Procedencia : NO INDICA

Código de identificación : NO INDICA

Ubicación : No Indica

Fecha de Calibración : 2020 - 05 - 25

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 *
Procedimiento para la Calibración de Prensas, celdas y anillos de carga*.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	19,9°C	20,1°C
HUMEDAD RELATIVA	43,0%	44,0%

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
C.F.P. N° 0316



TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Balanza de Presión AEP Transducers	Celda de Carga ANYLOAD 30000 Kg	LM-0033-2019

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación del Equipo (Kg)	Lectura Convencionalmente Verdadera (Kg)	Error (Kg)	Incertidumbre (Kg)
500,0	455,0	15,0	0,1
1000,0	974,5	25,5	0,1
1500,0	1437,5	62,5	0,1
2000,0	1945,3	54,7	0,1
2500,0	2464,6	35,4	0,1
3000,0	2965,3	34,7	0,1
3500,0	3465,7	34,3	0,1
4000,0	3945,5	54,5	0,1
4500,0	4435,6	64,2	0,1
5000,0	4946,3	53,7	0,1

OBSERVACIONES.

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La Incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

TC - 4371 - 2020

PROFORMA : 1696A

Fecha de emisión : 2020 - 05 - 27

Página : 1 de 5

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

EQUIPO : HORNO
 Marca : GEMMY
 Modelo : YC0-010
 N° de Serie : 510547
 Tipo de Ventilación : Turbulencia
 Procedencia : ALEMANIA
 Identificación : NO INDICA
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TERMÓMETRO DIGITAL
 Marca : No Indica
 Alcance : 1°C a 250°C
 Resolución : 1 °C
TIPO DE CONTROLADOR : DIGITAL
 Marca : No Indica
 Alcance : 1°C a 250°C
 Resolución : 1 °C
 Fecha de Calibración : 2020 - 05 - 25
 Ubicación : LABORATORIO

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC- 015 "Procedimiento de calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	29,3 °C	29,6 °C
Humedad Relativa	45,3 %	43,2 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Dos Termómetros Digitales Incertidumbre 0,007 °C DM - INACAL	Termómetro Digital -200 °C a 400 °C	LT-247-2015

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Temperatura de Trabajo	Posición del Controlador	Tiempo de Calentamiento	Tiempo de Estabilización	Porcentaje de carga	Tipo de Carga / Muestra
110 °C ± 10 °C	110	40 min	100 min	30 %	ENVASE METALICO C/ MUESTRAS CLIENTE

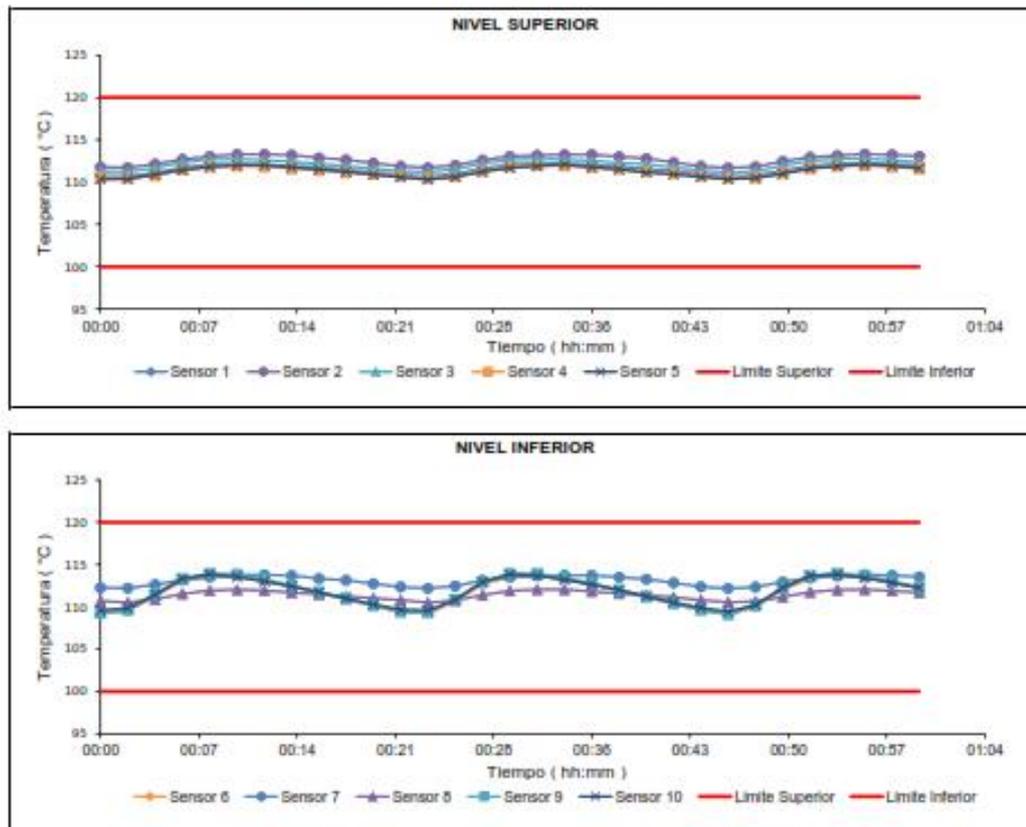
Tiempo (hh:mm)	Termómetro Horno (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										T _{prom} ⁽¹⁾ (°C)	T _{max} - T _{min} (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0:00	110	110,8	111,8	111,3	110,6	110,3	109,2	112,3	110,7	109,3	109,6	110,6	3,1
0:02	110	110,7	111,7	111,2	110,4	110,4	109,5	112,2	110,5	109,6	109,8	110,6	2,7
0:04	110	111,1	112,1	111,7	110,8	110,9	111,3	112,6	110,9	111,3	111,5	111,4	1,8
0:06	110	111,7	112,7	112,3	111,5	111,4	113,0	113,2	111,6	113,3	113,4	112,4	1,9
0:08	110	112,1	113,0	112,7	111,8	111,8	113,6	113,5	111,9	114,0	113,9	112,8	2,2
0:10	110	112,2	113,3	112,7	111,9	112,0	113,5	113,6	112,0	113,8	113,6	112,9	1,9
0:12	110	112,1	113,3	112,6	111,8	112,0	113,1	113,8	111,9	113,3	113,0	112,7	1,9
0:14	110	111,9	113,2	112,4	111,6	111,8	112,4	113,7	111,7	112,5	112,4	112,4	2,1
0:16	110	111,8	112,9	112,2	111,4	111,5	111,6	113,4	111,5	111,8	111,7	112,0	2,0
0:18	110	111,4	112,6	111,9	111,1	111,2	110,9	113,1	111,2	111,0	111,0	111,6	2,3
0:20	110	111,2	112,2	111,6	110,9	110,9	110,1	112,7	111,0	110,2	110,3	111,1	2,6
0:22	110	110,9	111,9	111,3	110,7	110,6	109,4	112,4	110,8	109,4	109,7	110,7	3,0
0:24	110	110,7	111,7	111,2	110,4	110,3	109,2	112,2	110,5	109,3	109,6	110,5	3,0
0:26	110	111,0	112,0	111,5	110,7	110,6	110,7	112,5	110,8	110,9	110,8	111,1	1,9
0:28	110	111,6	112,6	112,2	111,3	111,2	112,7	113,1	111,4	112,9	113,0	112,2	1,9
0:30	110	112,1	113,0	112,6	111,8	111,7	113,6	113,5	111,9	113,9	113,8	112,8	2,2
0:32	110	112,2	113,2	112,7	112,0	111,9	113,6	113,7	112,1	114,0	113,7	112,9	2,1
0:34	110	112,2	113,2	112,7	111,9	112,1	113,3	113,7	112,0	113,5	113,2	112,8	1,8
0:36	110	112,0	113,2	112,5	111,7	111,8	112,7	113,7	111,8	112,8	112,6	112,5	2,0
0:38	110	111,9	113,0	112,3	111,5	111,5	111,9	113,5	111,6	112,0	112,0	112,1	2,0
0:40	110	111,8	112,8	112,1	111,3	111,1	111,1	113,3	111,4	111,2	111,2	111,7	2,2
0:42	110	111,3	112,3	111,7	111,1	110,9	110,3	112,8	111,2	110,4	110,5	111,3	2,5
0:44	110	110,9	111,9	111,4	110,7	110,6	109,6	112,4	110,8	109,6	109,9	110,8	2,8
0:46	110	110,7	111,7	111,2	110,5	110,3	109,1	112,2	110,6	109,1	109,4	110,5	3,1
0:48	110	110,8	111,8	111,3	110,5	110,5	110,0	112,3	110,6	110,1	110,2	110,8	2,3
0:50	110	111,4	112,5	112,0	111,1	111,0	112,0	113,0	111,2	112,2	112,3	111,8	2,0
0:52	110	111,9	112,9	112,5	111,7	111,6	113,3	113,4	111,8	113,7	113,7	112,6	2,1
0:54	110	112,2	113,2	112,8	111,9	111,9	113,7	113,7	112,0	114,0	113,8	112,9	2,1
0:56	110	112,2	113,3	112,8	112,0	112,1	113,4	113,8	112,1	113,7	113,4	112,9	1,8
0:58	110	112,1	113,2	112,6	111,8	111,9	112,9	113,7	111,9	113,1	112,9	112,6	1,9
1:00	110	112,0	113,1	112,4	111,6	111,7	112,2	113,6	111,7	112,3	112,2	112,3	2,0
T. PROM ⁽¹⁾	110,0	111,6	112,6	112,1	111,3	111,3	111,7	113,1	111,4	111,9	111,9		
T. MAX ⁽²⁾	110,0	112,2	113,3	112,8	112,0	112,1	113,7	113,8	112,1	114,0	113,9		
T. MIN ⁽²⁾	110,0	110,7	111,7	111,2	110,4	110,3	109,1	112,2	110,5	109,1	109,4		
DTT ⁽³⁾	0,0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	4,6	1,6	1,6	4,9	4,4		



RESULTADOS DE MEDICIÓN

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	114,0	0,4
Mínima Temperatura Medida	109,1	0,5
Desviación Temperatura en el Tiempo	4,9	0,1
Desviación Temperatura en el Espacio	1,8	0,5
Eslabilidad Medida (±)	2,45	0,04
Uniformidad Medida	3,1	0,5

GRAFICO DE TEMPERATURA DE LOS SENSORES





Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 6,5 cm por encima de la parrilla superior.
Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior.
Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 5 cm de las paredes laterales y a 6 cm del frente y fondo del equipo.

FOTOGRAFÍA DEL MEDIO ISOTERMO



OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

[1] T. PROM: Promedio de las temperaturas en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

[2] T prom: Promedio de las temperaturas en las doce posiciones de medición para un instante dado.

[3] Tmax: Temperatura máxima.

[4] Tmin: Temperatura mínima.

[5] DTT: Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio de Medio Isothermo: 0,6 °C

La Uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm \frac{1}{2}$ máx. DTT.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



ANEXO 06: PANEL FOTOGRÁFICO.



Figura 1. caída libre arena gruesa sin compactar.



Figura 2. Rasante arena gruesa sin compactar



Figura 3. Rasante arena gruesa sin compactar



Figura 4. Arena gruesa compactado 25 golpes en 3 capas.



Figura 5. Piedra chancada 25 golpes 3 capas.



Figura 6. Pesaje correspondiente compactado y sin compactar.



Figura 7. Pesaje correspondiente compactado y sin compactar.



Figura 8. Pesaje correspondiente compactado y sin compactar.



Figura 9. Pesaje correspondiente compactado y sin compactar.



Figura 10. Pesaje correspondiente compactado y sin compactar.



Figura 11. Peso específico arena gruesa



Figura 12. Peso específico arena gruesa



Figura 13. Calentamiento en 150°C de los agregados

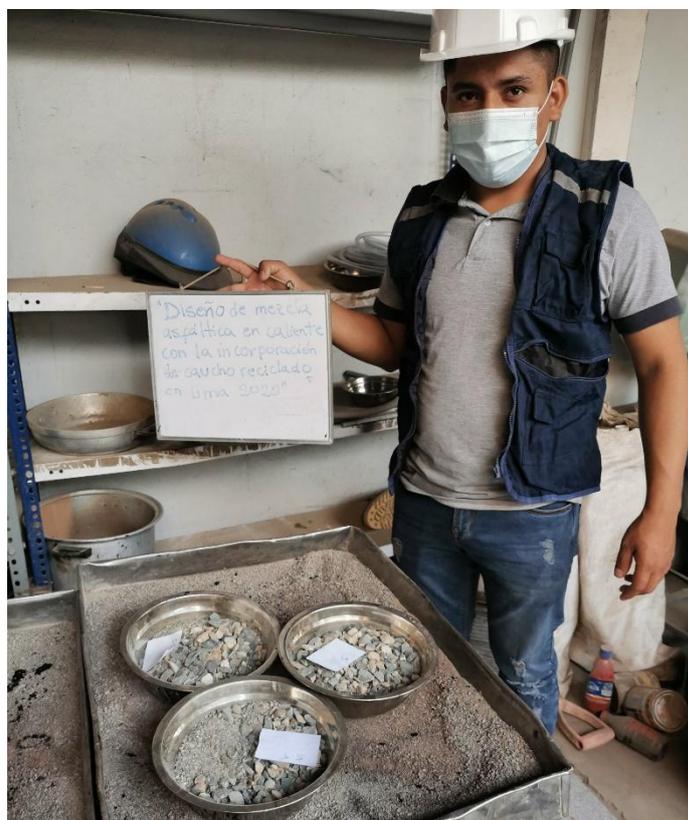


Figura 14. Peso específico arena gruesa



Figura 15. Aplicando cemento asfaltico PEN 60/70



Figura 16. Aplicando cemento asfaltico PEN 60/70



Figura 17. Muestra rice 5% y 5.5% de cemento asfaltico PEN 60/70



Figura 18. Muestra rice 5% con cemento asfaltico PEN 60/70

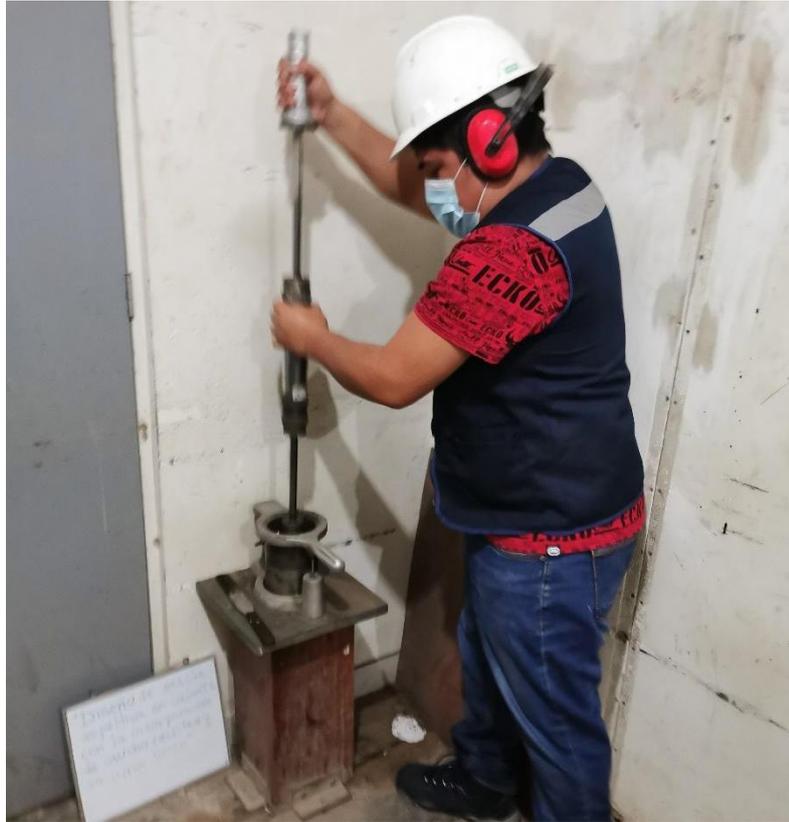


Figura 19. Proceso de compactación con 75 golpes por cara.



Figura 20. Proceso de compactación con 75 golpes por cara



Figura 21. Calentamiento y mezclado de cemento asfáltico PEN 60/70 incorporando caucho reciclado.



Figura 22. Cemento asfáltico PEN 60/70 mezclado con el 1.5 % de Caucho reciclado triturado.



Figura 23. Proceso de reposo de las 24 briquetas.



Figura 24. Proceso de reposo de las 24 briquetas.



Figura 25. Proceso de reposo de las 24 briquetas



Figura 26. Proceso de desmoldado de briquetas.



Figura 27. Briquetas con 5% 5.5% 6% y 6.5% de cemento asfáltico incorporando el 1.5 % de caucho reciclado en todas las muestras.



Figura 28. Proceso de desmoldado de briquetas.



Figura 29. Rotura de briquetas con la prensa Marshall.



Figura 30. Rotura de briquetas con la prensa Marshall, lectura de flujo y estabilidad.



Acta de Sustentación de Tesis

Siendo las 10:00 horas del 10 de diciembre de 2020, el jurado evaluador se reunió para presenciar el acto de sustentación de Tesis titulado: "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LIMA, 2020", Presentado por el / los autor(es) ALEX JOEL CHAVARRI VASQUEZ, ALVARO ENRIQUE CASTILLO RUTTI estudiante(s) de la Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL.

Concluido el acto de exposición y defensa de Tesis, el jurado luego de la deliberación sobre la sustentación, dictaminó:

Autor	Dictamen
ALEX JOEL CHAVARRI VASQUEZ	Unanimidad

Se firma la presente para dejar constancia de lo mencionado:

Firmado digitalmente por: TAREVALOLA16 el 29 Dic
2020 15:29:36

TANIA ARÉVALO LAZO
PRESIDENTE

Firmado digitalmente por: PROJASPR el 29 Dic 2020
15:22:15

PEDRO RAMON PATAZCA ROJAS
SECRETARIO

Firmado digitalmente por: JLAVADOE el 29 Dic 2020
15:16:32

JUANA MARIBEL LAVADO ENRIQUEZ
VOCAL (ASESOR)



Acta de Sustentación de Tesis

Siendo las 10:00 horas del 10 de diciembre de 2020, el jurado evaluador se reunió para presenciar el acto de sustentación de Tesis titulado: "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LIMA, 2020", Presentado por el / los autor(es) ALEX JOEL CHAVARRI VASQUEZ, ALVARO ENRIQUE CASTILLO RUTTI estudiante(s) de la Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL.

Concluido el acto de exposición y defensa de Tesis, el jurado luego de la deliberación sobre la sustentación, dictaminó:

Autor	Dictamen
ALVARO ENRIQUE CASTILLO RUTTI	Unanimidad

Se firma la presente para dejar constancia de lo mencionado:

Firmado digitalmente por: TAREVALOLA16 el 29 Dic
2020 15:29:36

TANIA ARÉVALO LAZO
PRESIDENTE

Firmado digitalmente por: PROJASPR el 29 Dic 2020
15:22:15

PEDRO RAMON PATAZCA ROJAS
SECRETARIO

Firmado digitalmente por: JLAVADOE el 29 Dic 2020
15:16:32

JUANA MARIBEL LAVADO ENRIQUEZ
VOCAL (ASESOR)



Autorización de Publicación en Repositorio Institucional

Yo (Nosotros), CASTILLO RUTTI ALVARO ENRIQUE, CHAVARRI VASQUEZ ALEX JOEL identificado con DNI N° 48277612, 73598948, (respectivamente) estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, autorizo (autorizamos) (X), no autorizo (autorizamos) () la divulgación y comunicación pública de mi (nuestro) Tesis: "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LIMA, 2020".

En el Repositorio Institucional de la Universidad César Vallejo, según lo estipulada en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33.

Fundamentación en caso de NO autorización:

.....
.....

Lima 23 de diciembre de 2020

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
CASTILLO RUTTI ALVARO ENRIQUE DNI: 48277612 ORCID 0000-0002-3007-1112	Firmado digitalmente por: ACASTILLORU el 29 Dic 2020 11:50:17
CHAVARRI VASQUEZ ALEX JOEL DNI: 73598948 ORCID 0000-0002-0346-0147	Firmado digitalmente por: ACHAVARRI el 29 Dic 2020 12:10:31

Código documento Trilce: 94813



Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, LAVADO ENRIQUEZ JUANA MARIBEL, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, asesor(a) del Trabajo de Investigación / Tesis titulada: "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LIMA, 2020", del (los) autor (autores) CASTILLO RUTTI ALVARO ENRIQUE, CHAVARRI VASQUEZ ALEX JOEL, constato que la investigación cumple con el índice de similitud de 21.00%, 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 el Trabajo de Investigación / 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, 23 de diciembre de 2020

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
LAVADO ENRIQUEZ JUANA MARIBEL DNI: 32971325 ORCID 0000-0001-9852-4651	Firmado digitalmente por: JLAVADOE el 23 Dic 2020 16:54:36



Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores

Yo (Nosotros), ALEX JOEL CHAVARRI VASQUEZ, ALVARO ENRIQUE CASTILLO RUTTI estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro (declaramos) bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "DISEÑO DE MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE CON LA INCORPORACIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LIMA, 2020", es de mi (nuestra) autoría, por lo tanto, declaro (declaramos) que el Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He (Hemos) mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo (asumimos) 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.

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
ALEX JOEL CHAVARRI VASQUEZ DNI: 73598948 ORCID 0000-0002-0346-0147	Firmado digitalmente por: ACHAVARRI el 29 Dic 2020 12:10:32
ALVARO ENRIQUE CASTILLO RUTTI DNI: 48277612 ORCID 0000-0002-3007-1112	Firmado digitalmente por: ACASTILLORU el 29 Dic 2020 11:50:20

Código documento Trilce: 94815