



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

"Influencia de la adición de caucho reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente para la Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La Familia – Nuevo Chimbote - 2019"

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

AUTORES:

Castro Vásquez, Adrian Lucero (ORCID 0000-0002-7142-0243)

León Medina, Alexander (ORCID: 0000-0002-5122-2709)

ASESORES:

Mgtr. Fernández Mantilla, Jenisse del Rocío (ORCID: 0000-0003-3336-4786)

Mgtr. Muñoz Arana, José Pepe (ORCID: 0000-0002-9488-9650)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

CHIMBOTE - PERÚ

2019

## **Dedicatoria**

Dedico esta tesis principalmente a Dios por darme fuerza para poder seguir adelante.

A mis padres por ser el motivo y siempre estar en todo momento conmigo, forjándome a ser la persona que, en el día de hoy, obteniendo mis objetivos propuestos al iniciar mi carrera universitaria.

A mi hermana y familia en general, por el apoyo incondicional, que me dieron en cada paso de mi carrera universitaria.

**Adrian Lucero Castro Vásquez**

Dedico esta tesis ante todo a Dios, por haberme guiado mis pasos de mi carrera universitaria.

A mis padres por siempre apoyarme con sus consejos, enseñanzas, y poder cumplir mis logros propuestos en mi vida universitaria y asimismo luego de mi vida universitaria.

A mi familia, por sus consejos de cómo enfrentar los obstáculos en la vida universitaria y de cumplir los objetivos.

**Alexander León Medina**

## **Agradecimiento**

Agradecemos a Dios por habernos guiado de manera correcta nuestra carrera universitaria.

Gracias a nuestros padres por siempre confiar en nosotros, por sus consejos de manera constructiva, que nos servirán para poder ser un buen profesional y salir adelante con esfuerzo y dedicación.

Agradecemos a nuestra asesora Mgtr. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla, por habernos brindado sus enseñanzas y aconsejándonos de manera constructiva para nuestra vida universitaria.

**Adrian Lucero Castro Vásquez y Alexander León Medina**

### **Declaratoria de autenticidad**

Yo, Adrian Lucero Castro Vásquez con DNI N° 78463827 y Alexander León Medina con DNI N° 70251943 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaramos bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y autentica.

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

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

Nuevo Chimbote, 10 de Diciembre del 2019.

---

Adrian Lucero Castro Vásquez

DNI N° 78463827

---

Alexander León Medina

DNI N° 70251943



## Índice

<b>Dedicatoria</b> .....	ii
<b>Agradecimiento</b> .....	iii
<b>Declaratoria de autenticidad</b> .....	iv
<b>RESUMEN</b> .....	vi
<b>ABSTRACT</b> .....	vii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. MÉTODO</b> .....	14
<b>2.1. Tipo y Diseño de Investigación</b> .....	14
<b>2.2. Operalización de Variables</b> .....	14
<b>2.3. Población, muestra y muestreo</b> .....	16
<b>2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad</b> .....	16
<b>2.5. Procedimiento</b> .....	17
<b>2.6. Método de Análisis de datos</b> .....	18
<b>2.7. Aspectos éticos</b> .....	18
<b>III. RESULTADOS</b> .....	19
<b>IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS</b> .....	33
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	36
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	37
<b>VII. REFERENCIAS</b> .....	38
<b>ANEXOS</b> .....	43

## RESUMEN

El sector transporte viene teniendo un acelerado crecimiento que trae consigo daños colaterales como el desecho de neumáticos en desuso, cuyo material predominando es el caucho, el cual es un polímero elastómero que viene empleándose para potenciar las propiedades del asfalto, es ese sentido, la presente investigación se realizó con el objetivo de determinar la influencia de la adición de caucho reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente para la Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La Familia – Nuevo Chimbote – 2019, bajo un diseño de investigación experimental – correlacional, se elaboraron 60 briquetas para realizar 4 diseños de mezcla: 1 patrón y 3 con adiciones de 16%, 18 % y 20% de caucho reciclado y triturado de tamaño nominal 0.42 mm, los cuales fueron sometido al Ensayo Marshall. Los resultados se tomaron en laboratorio empleando como técnica la observación e instrumentos de recolección de datos los protocolos ya establecidos para los ensayos señalados. Del análisis de resultados se obtuvo que la adición de 16% presenta mejores características, sin embargo, no se encontraron diferencias favorables respecto a la mezcla patrón por lo que se llegó a la conclusión que la adición de caucho en proporciones de 16%, 18% y 20% incluyen negativamente sobre la mezcla asfáltica en caliente.

**Palabras Clave:** Diseño de mezcla asfáltica, Caucho Reciclado, Ensayo Marshall.

## ABSTRACT

The transport sector has been accelerating growth that brings collateral damage such as discarded tires, whose predominant material is rubber, which is an elastomeric polymer that is being used to enhance the properties of is that sense, the present investigation was carried out with the objective of determining the influence of the addition of recycled rubber on the physical and mechanical properties of the hot asphalt mixture for the Pacific Avenue - Oval La Familia Section - Nuevo Chimbote - 2019, under a research design Experimental - correlational, 60 briquettes were made to make 4 mixing designs: 1 standard and 3 with additions of 16%, 18% and 20% recycled and crushed rubber of nominal size 0.42 mm, which were submitted to the Marshall Test. The results were taken in the laboratory using as an observation technique and data collection instruments the protocols already established for the indicated trials. From the analysis of results it was obtained that the addition of 16% presents better characteristics, however, no favorable differences were found regarding the standard mixture, so it was concluded that the addition of rubber in proportions of 16%, 18% and 20% include negatively on hot asphalt mixture.

**Keywords:** Asphalt mix design, Recycled Rubber, Marshall Test

## I. INTRODUCCIÓN

La expansión vehicular ha generado la necesidad de construir más y mejores vías de transporte y, con ello permitir el acceso al mundo globalizado de personas que anteriormente se encontraban limitadas por la accidentada geografía, pero este suceso también ha traído alteraciones importantes en nuestro que han llevado al incremento de la huella ecológica. El medio ambiente, viene recibiendo exorbitantes cantidades de desechos de largos periodos de biodegradación, entre ellos, el caucho proveniente de neumáticos o llantas usadas. Se calcula una producción aproximada de 17 millones de toneladas de caucho, este material posee una estructura y composición química que lo convierten en un objeto de difícil biodegradación (Pelález, Velásquez y Giraldo, 2017, párr. 5). Se estima que el desecho de caucho proveniente llantas usadas, anualmente, oscila entre 7 a 9 millones de toneladas (Sienkiewicz et al., 2012, p. 1742), en ese sentido, nos encontramos frente a una situación alarmante que requiere pronta intervención. Es así, que la industria del asfalto viene siendo motivada en los últimos tiempos para incorporar materiales de desecho dentro de su proceso productivo (Kandhal, 1993, p.3).

Internacionalmente, la participación del caucho como componente favorecedor en las mezclas asfálticas no precisamente innovador, en Estados Unidos, específicamente en Arizona se hace uso del caucho desde inicios de los años sesenta y cada vez son más los países que se suman a reutilizar el caucho beneficiando al medio ambiente, optimizando costo de producción (Campaña, 2015, p.1) que, además, mejoran el comportamiento mecánico de los pavimentos. Si mencionamos a Latinoamérica, en Bogotá, Colombia, ya se encuentra en funcionamiento una planta que hace uso del caucho reciclado para la fabricación de asfalto.

En el Perú, la problemática del consumo desmesurado de caucho y las deficiencias en el manejo de residuos sólidos dan como resultados botaderos saturados de llantas, pese a ellos, no se han tomado medidas de mitigación suficientes para hacer frente a la situación. “A inicios de este año, el sector transporte, almacenamiento, correo y mensajería alcanzó un 2,73% de crecimiento en el PBI, como consecuencia del avance de los subsectores transporte en 4,78% y mensajería y almacenamiento en 1,80%” (INEI, 2019, p32), a partir de estas cifras podemos aseverar que el consumo de caucho como resultado proporcional y directo

del transporte presenta índices de consumo significativos, sin embargo, no se toma en consideración los daños colaterales que este avance conlleva.

Si nos enfocamos en nuestra ciudad, basta por caminar por las calles para encontrar montones de llantas usadas a las puertas de los talleres mecánicos, asimismo, en Villa María, casi a las orillas de la laguna se encuentran grandes cantidades de llantas de diversos tamaños que llevan años acumulándose. Prácticamente podemos afirmar que tenemos los medios necesarios para solucionar la problemática, pero nuestra cultura, por desgracia, no prioriza el impacto ambiental y ninguna entidad local o regional parece interesarse. Por todo lo antes expuesto, señalamos que “determinar qué influencia tiene la adición de caucho sobre el diseño de mezcla asfáltica convencional” representa un precedente significativo en la búsqueda que la implementación de nuevas tecnologías, bajo el empleo de metodologías validadas que mejoren los pavimentos en armonía con el medio ambiente tal como lo señalan Reyes y Figueroa (2017, p.2), si a esto le sumamos que el empleo de caucho tiene buena compatibilidad con mezclas asfálticas en calientes (Xiang Shu y Huang, 2014, p.217), las cuales son de común uso en nuestra localidad y país, estamos frente a una oportunidad que necesitamos aprovechar. Es por eso que con el objeto de reducir la contaminación a la vez que se mejoran las propiedades del asfalto aplicados a la pavimentación es que en los laboratorios se continua el estudio de tal modificación con el empleo de caucho (Cao, 2007, p.1011). Cabe indicar que las mezclas modificadas requieren una evaluación en campo con la finalidad de establecer el nivel de rendimiento (Heitzman, 1992, p. 1).

Anteriormente se han realizado diversas investigaciones, de las cuales podemos rescatar: Internacionalmente, Figueroa, Fonseca y Reyes (2009) en su investigación titulada “Caracterización fisicoquímica y morfológica de asfaltos modificados con material reciclado” con el objeto de obtener una mezcla asfalto-polímero estable que disminuya los costos potenciando sus características fisicoquímicas, empleando una metodología experimental pudo determinar que la incorporación del caucho o llanta molida mejoran las propiedades como la susceptibilidad térmica, la resistencia a la fatiga, la inflamabilidad y la resistencia a los solventes. Se determinó que la proporción óptima para un asfalto modificado convencional resulta ser de 1% de icopor y 14% de llanta, debido a que con esos porcentajes se obtiene un ligante estable.

Rondon et al. (2007) en la investigación titulada “Estado del conocimiento del estudio sobre mezclas asfálticas modificadas en Colombia” con el objeto de analizar el estado del conocimiento de los desarrollos realizados en el área de los asfaltos y las mezclas modificadas en Colombia empleando una metodología descriptiva se consultaron alrededor de 40 investigaciones tanto de pregrado como postgrado, simposios y jornadas de asfalto y pavimentos comprendidos en los periodos de 1979 a 2005, donde se pudo concluir que en el caso de las adiciones de caucho al asfalto, se encontró que el contenido óptimo de asfalto baja de 5.1% a 4.6%, es decir disminuye en un 9.8%, asimismo se encontró que eleva la estabilidad hasta en un 25%, mientras que las demás propiedades no presentan diferencias significativas. También señala que la incorporación del caucho por vía húmeda mejora la resistencia y emplea utiliza menos ligante.

Angulo Ricardo y Duarte José Luis (2005) en su tesis titulada “Modificación de un asfalto con caucho reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos”, donde se planteó mejorar las propiedades del asfalto al usar caucho reciclado en su elaboración, así también, en esta investigación se mitigo un esquema para aprovechar los residuos sólidos, de esta manera no solo se resolvería los problemas latentes en las obras viales a base de asfalto, sino que se contribuiría al cuidado del medio ambiente. En base a la experimentación, se determinó que el caucho reciclado de llantas mejora la recuperación elástica por torsión en un 100% para las mezclas con compatibilizante y 300% sin compatibilizante. Por otro lado, la mezcla modificada sin compatibilizante no presenta una variación significativa respecto al índice de susceptibilidad; sin embargo, muestra un excelente comportamiento para ser empleado en pavimentos que serán sometidos a altas temperaturas de desempeño, por sobre los 25°, ya que la curva reológica señala mayor viscosidad que la que corresponde al asfalto convencional.

En el Perú, Fajardo Luis y Vergaray Alfonso (2014) con su tesis titulada “Efecto de la incorporación por vía seca, del polvo de neumático reciclado, como agregado fino en mezclas asfálticas”. En esta investigación se planteó como objetivo, analizar la influencia del caucho reciclado de neumáticos en la mezcla asfáltica, a su vez, se buscó la sustitución del agregado fino con este material analizado. La metodología de investigación experimental obtuvo que la proporción de vacíos en el agregado disminuye, ya que con 1 % de caucho se tiene que con 5.0 % y 5.5% de asfalto, se alcanzan las especificaciones que señala la norma.

Por otro lado, el contenido de asfalto disminuye con la adición de 1% ya que se alcanza los parámetros Marshall con un 5.0 y 5.5 % de asfalto mientras que la mezcla convencional requiere un 5.6 %.

Asimismo, Goicochea (2017) en su investigación para la obtención de grado profesional, cuyo título es “Estudio de un asfalto con adición de caucho de neumático reciclado como polímero base, Chachapoyas – Amazonas – 2017” con el objeto de determinar el efecto de la adición de caucho de neumáticos reciclados al asfalto PEN 60/70, en proporciones de 10%, 15 % y 20 %, fabricadas a 160 °C, 180 °C y 200 °C cada una de ellas. Aplicando la metodología experimental concluye que las mezclas asfálticas que contienen 20 % de caucho producidas a 160 °C y 180 °C presentan deficiencias al compararlas con las especificaciones técnicas requeridas, asimismo señala que se observó que el empleo de partículas finas (0.60 mm – 0.85 mm) colabora para alcanzar una mejor interacción entre el asfalto y caucho. También indica que el asfalto es más blando a medida que la porción de caucho en la mezcla disminuye, pero se rigidiza cuando la porción de caucho aumenta.

Por otro lado, Villagaray (2017) en su tesis “Aplicación de caucho reciclado en un diseño de Mezcla Asfáltica para el tránsito vehicular de la Avenida Trapiche-Comas (Remanso) 2017” donde se investigó el asfalto modificado con caucho reciclado, llegando a proponer un diseño de mayor flexibilidad y durabilidad, aplicando la metodología experimental se obtiene, luego de analizar varios grupos de ensayo asfáltico, mejores resultados a comparación de un asfalto convencional, se puede observar que la estabilidad de un asfalto modificado con caucho reciclado a un 0.5% de agregado fino, la estabilidad aumenta quedando así como nuestro resultado óptimo estabilidad 1440.4kg con caucho reciclado. El asfalto modificado ofrece más elasticidad, mejorando esta propiedad en la mezcla a su vez aporta rigidez, y por lo que se observó en esta investigación, hasta en un 13.24% a comparación de una mezcla convencional, obteniendo una mezcla con dos cualidades muy importantes para la resistencia ante las deformaciones permanentes.

Asimismo, Carrizales (2015) en su investigación “Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos flexibles”, con el objeto de elaborar una mezcla asfáltica modificada con caucho reciclado y proponer una secuencia de procesos para el aprovechamiento de residuos sólidos (llantas), aplicando una metodología experimental. La investigación empleó un 3%, 5%, 7% y 9% de adición de caucho obteniéndose que el mejor

comportamiento se alcanza con el 3%, pero que ninguno alcanzó lo especificado por la norma. La estabilidad de la mezcla asfáltica con caucho disminuye en un 14.5% debido a que es el cemento asfáltico que se emplea en la mezcla modificada es menor y la cantidad de agregados es la misma. El flujo aumenta en un 46.15% lo que hace que la mezcla sea muy plástica y se deforme ante el sometimiento de cargas o algún cambio de temperatura. Con Carrizales (2017) coincide Pereira, Oliveira, Freitas y Machado (2013, p. 211) quienes afirman que la incorporación de caucho incrementa la cantidad de cemento asfáltico de 5% a 5.2%.

Para abordar con eficiencia el tema es importante primero desarrollar algunos conceptos clave, por ejemplo, “el asfalto”, el cual puede extraerse de la naturaleza, de yacimientos o destilando el petróleo. Cuando es sometido al calor se ablanda hasta encontrarse en estado líquido, por lo que es de fácil integración con los agregados en la mezcla, ya que cubre completamente las partículas y las adhiere gracias a que es cohesivo, lo que permite que sea resistente a esfuerzos y cargas (Maila, 2013, p. 6).

Las propiedades físicas del asfalto son (Salamanca, 2007, p 10-11): “Durabilidad”, característica que determina el periodo de tiempo de conservación del asfalto bajo condiciones normales de degradación y envejecimiento y, debido a que se toma en consideración el comportamiento del pavimento es de complicada definirla. “Adhesión y cohesión”, esta propiedad define la capacidad de adherencia asfalto-agregado y, la cohesión, interactúa manteniendo las partículas del agregado en su lugar. “Susceptibilidad a la temperatura”, los asfaltos al ser termoplásticos tienen la propiedad que a medida que la temperatura decrece aumenta la viscosidad, es decir, sean más duros, análogamente, si la temperatura incrementa se muestra menos viscoso, es decir, se más blando. Esta particularidad es variable según el origen al que corresponden los componentes pétreos. “Endurecimiento y envejecimiento”, al combinarse el asfalto con el oxígeno, se inicia el proceso de oxidación, cabe indicar que esto sucede con mayor facilidad a altas temperaturas, ocasionando que el asfalto se endurezca e incremente su consistencia.

Por otro lado, si nos referimos al Caucho Reciclado, existen diversos tipos de caucho entre los más utilizados para fabricar neumáticos están: cauchos naturales (NR), estireno-butadienos (SBR), polibutadienos (BR) y polisoprenos (IR). Debido a la vulcanización de los neumáticos el caucho como material termoplástico se convierte en un elastomérico, ya



que el estireno lo hace más duro y tenaz debido a que se cristaliza al ser sometido a grandes esfuerzos (Panagiotis, 2003, p 420).

Las características físicas, en estado natural, es de color blanco o incoloro. En el caso del caucho bruto, es decir, sin vulcanizar, las características físicas cambian según su temperatura. El caucho puro a 195°C es sólido y transparente, a los 50°C es de textura plástica y pegajosa, sobre los 20°C es blando y translúcido y de 10°C a menos es opaco y frágil (Fajardo, Cachay y otros, 2014 p. 52).

El caucho está conformado por cis-1,4 polisopreno con cantidades de proteínas, sales orgánicas y lípidos. Se trata de un polímero de cadena larga en forma de espiral (5x10<sup>5</sup> g/mol.) que se complementa con la gutapercha (isómero trans) (Fajardo, Cachay y otros, 2014 p. 52).

Castro (2008) describe la composición química del caucho, siendo así, la fórmula química del caucho más simple es C<sub>5</sub>H<sub>8</sub>, que a -195°C es sólido y transparente, por encima de 20°C es blando y translúcido, pasados los 200°C se descompone (p.28). Por otro lado, con el avance la tecnología hoy tenemos caucho sintético, la fórmula química del neopreno, uno de los primeros logrados por Carothers, es CH<sub>2</sub>-C(Cl)CH=CH<sub>2</sub> (p.34), el caucho artificial se logró gracias a los avances alcanzados por investigadores alemanes que usaron el sodio como catalizador (p.35).

Asimismo, el caucho tiene propiedades físico químicas: adhesión excelente a los metales y telas, buena deformación por compresión, muy buena resistencia a la adhesión al desgarramiento, excelente resistencia dieléctrica y a la abrasión, entre buena a regular acido resistencia diluido y concentrado, buena deformación por compresión y resistencia solventes oxigenados, pero pobre resistencia hidrocarburos alifáticos y aromáticos, así como pobre resistencia a disolventes de laca (Criollo, 2014, p.9).

Cuattrocchio et al. (2006) clasifica los modelos de molienda del caucho como (p. 6): Nivel de trituración previa, es la trituración maco que hace uso de trituradoras de 2 o más ejes (cuchillas a 15 y 20 rpm). Nivel de trituración final, se realiza luego de retirado el elemento metálico, se procede de dos maneras: A temperatura ambiente, con molinos clásicos que separan el textil; o por Criogénesis, que emplea temperaturas en el rango de -60 °C y - 70°C, y alcanza gradaciones que pasan la malla N°100 de ASTM.

Refiriéndonos al “Diseño de Mezclas Asfálticas”, se asevera que tiene por fin la determinación del contenido adecuado de asfalto que ofrezca la mejor interacción de tal modo que pueda resistir esfuerzos permanentes. El asfalto dentro de esta composición tiene por fin aportar durabilidad al pavimento, ofrecer la estabilidad que soporte la demanda de tráfico evitando las deformaciones, otro criterio de cuidado es que se debe tener buena consistencia para reducir la posibilidad de segregaciones al momento de la colocación, así como también, una proporción de vacíos que logren evitar la exudación por medio de la compactación adicional que ofrece el tránsito diariamente (Maila, 2013, p. 17).

Las mezclas asfálticas en caliente aprovechan la maleabilidad que las altas temperaturas, que superan los 100°, les permiten alcanzar para obtener una mezcla homogénea y buena compatibilización con los agregados (Vega, 2016, p.11).

Según Bejarano y Caicedo las propiedades de las mezclas asfálticas son las siguientes (2017, p.28): Estabilidad, es la particularidad de la mezcla asfáltica que evita deformaciones ocasionadas debido a la resistencia que ofrece ante las cargas a la que es sometida. En gran medida esto depende del grado de cohesión del asfalto y la fricción de las partículas, por tal razón la dosificación correcta es la que garantiza la eficiencia de esta propiedad. Impermeabilidad, cualidad por la cual la mezcla asfáltica ofrece resistencia al agua y aire, impidiendo el pase de estos. Se relaciona con la proporción de vacíos, motivo por el cual debe ser adecuadamente controlada durante la compactación. Cabe señalar que una mezcla asfáltica no es al 100% impermeable pero la normativa vigente establece rangos. Durabilidad, particularidad por la cual la mezcla asfáltica ofrece resistencia a las condiciones de carga y clima, evitando su desintegración o separación. Trabajabilidad, propiedad por la cual la mezcla asfáltica es manejable y de fácil colocación esto responde a las buenas características de las partículas que lo componen, su textura, granulometría y forma. Resistencia a la fatiga, cualidad por la cual la mezcla asfáltica ofrece resistencia ante posibles deformaciones ocasionadas por las cargas de tráfico.

Según Rondón, Fernández y Castro (2010) es viable analizar las propiedades del diseño de mezcla empleando en ensayo Marshall, cuyos parámetros: Estabilidad y Flujo son los más importantes, y se valen de las propiedades físicas de densidad y proporción de vacíos para entender su comportamiento (p.1).

Carrizales (2015) establece lo siguiente, clasifica las mezclas asfálticas según el contenido asfáltico (p.33): Macadam Asfáltico, son partículas gruesas con asfalto. Mortero Asfáltico, son partículas finas con masilla. Masilla Asfáltica, es liga con polvo mineral. Concreto Asfáltico, son partículas gruesas con mortero. Según la temperatura en obra (p.33): En caliente, oscila entre los 150 °C con el agregado previamente calentado, lo que permite su trabajabilidad en obra. En Frio, es una emulsión asfáltica colocada a temperatura ambiente. Según Vacíos (p.34): una disminución de vacíos previene deformaciones plásticas (Densas: < 6%; Semidensas: 6% - 10%; Abiertas: > 12%; Porosas: >20%). Según el tamaño de agregado (p.34): Gruesas, partículas mayores 10 mm. Finas, agregado fino y ligante. Según la estructura de las partículas pétreas (p.34): Con esqueleto mineral, cuya resistencia es por la fricción de partículas. Sin esqueleto mineral, cuya resistencia es por la cohesión.

Los métodos de Métodos de Diseño de Mezclas Asfálticas que se emplean son el Método Marshall y el Método Superpave: El Método Marshall, formulado por Brice Marshall, que en sus inicios únicamente usaba en caliente con agregados cuya gradación no podía superar los 25 mm (1”), actualmente con el método marshall modificado, las partículas pueden alcanzar los 38 mm (1.5”) (Vega, 2016, p.15). El contenido óptimo de asfalto toma como punto de partida una la proporción de 4%, a partir del cual el incremento debe ser del 0.5% y considerando 3 briquetas como mínimo o 5 idealmente para cada diseño (MTC E-504, 2016).

Con los porcentajes indicados se determina las propiedades tanto físicas como mecánicas las cuales deben compararse por las especificaciones mínimas que requiere la norma, si no tiene correspondencia, se ajusta la dosificación empleada en la mezcla y, en caso extremo se rediseña (SCT, 2014, p.5).

Del método de Marshall emplea curvas de caracterización que permite determinar un contenido de asfalto que se ajuste a las condiciones mínimas establecidas por la normativa vigente. (Timará, 2015) estas curvas corresponden a “Proporción de Vacíos”, “Densidad”, “Flujo”, “Rigidez”, los dos primeros corresponden a propiedades físicas y los dos siguientes a propiedades mecánicas. A esto, el Dr. Miguel Ángel del Val (2016) señala lo siguiente: Proporción de vacíos, es el contenido de aire en función a los agregados y mezcla. Los vacíos en mezcla se refieren a qué medida que se agrega ligante quedan menos vacíos en la mezcla, por su parte, los vacíos en áridos o agregados son la suma de los vacíos en mezcla y de los

vacíos ocupados con el ligante. Densidad, es la masa en relación al volumen que ocupa la mezcla. A medida que el ligante aumenta, este ocupa huecos entre las partículas del agregado, es decir que, si el peso específico del ligante es superior al del vacío, la densidad incrementa. Sin embargo, llega el punto que el ligante separa las partículas del árido, es por ello, que a medida que el peso específico del ligante es muy inferior al del agregado, la densidad disminuye. Flujo, la deformación máxima que se alcanza ante el sometimiento de cargas. A medida que aumenta el ligante, aumenta la deformación de la mezcla. Rigidez, la resistencia que ofrece la mezcla asfáltica ante el sometimiento de cargas. A medida que incrementa el ligante, aumenta la cohesión en la resistencia global de la mezcla. Sin embargo, a medida que se aumenta el ligante se separan los áridos y, con ello, el rozamiento interno lo que genera que la mezcla pierda rigidez o resistencia.

Los ensayos que se emplean para el diseño de mezclas asfálticas son para los agregados, que garantizan el nivel de calidad de los agregados de acuerdo a la normativa aplicable, en este caso, las normas ASTM y AASHTO y son el análisis granulométrico (ASTM D-422, MTC E 24), durabilidad al sulfato de magnesio (MTC E 209), abrasión (MTC E 207), adherencia (MTC E 517), índice de durabilidad (MTC E 214), partículas chatas y alargadas (ASTM 4791), caras fracturadas (MTC E 210), absorción (MTC E 206), por su parte los requerimientos para los finos son: equivalente de arena (MTC E 209), adhesividad (MTC E 220), índice de plasticidad (MTC E 211), índice de durabilidad (MTC E 214), absorción (MTC E 205).

Los ensayos para el asfalto que deben realizarse son (Villagaray, 2017, p.31) la clasificación de viscosidad a 60°C, clasificación por penetración a 25°C. El material bituminoso debe presentar las especificaciones señaladas de acuerdo al ensayo de penetración (MTC E 304), punto de inflamación (MTC E 312), ductilidad (MTC E 306), solubilidad en Tricloro-etileno (MTC 302), índice de penetración (MTC E 304). Sobre la película delgada se deberá presentar las especificaciones según lo siguiente: Pérdida de masa (ASTM 1754), penetración retenida del ensayo de película fina (MTC E304), ductilidad del residuo (MTC E 306).

Para la mezcla asfáltica son necesarios los ensayos de Marshall (MTC E 504) e Inmersión-Compresión (MTC E 518). Para determinar caracteres como la adherencia es aplicable el Método Riedel Weber (MTC E 220) (Urrego y Ruiz, 2016, p.54). Asimismo, el

envejecimiento/ endurecimiento se les atribuye a las alteraciones a las que se ve sometida el asfalto sea por uso, el clima, radiación, la humedad del entorno, etc. Por esta razón es que los asfaltos son sometidos a las pruebas, las dos más aceptadas en el mundo son la prueba de horno de película delgada en movimiento (RTFOT) para envejecimientos a corto plazo y la prueba de Presión de Envejecimiento (PAV) para envejecimientos a largo plazo. Cabe señalar que existen condiciones particulares para cada lugar, por tanto, deberá establecerse en función a ello la caracterización del ligante que se empleen. (Fernández, Rondón y Reyes, 2011, p. 11).

Respecto a las formas en las que podemos incorporar el caucho en mezclas asfáltica, de acuerdo a Villagaray (2017), existen dos métodos, cada uno con su procedimiento, para lograr la incorporación del caucho reciclado en las mezclas asfálticas (p.27): El proceso seco, donde el caucho modifica la liga. El caucho triturado reemplaza una porción entre 1-3% de los finos. Por otro lado, este proceso requiere que se incorpore al mezclador la cantidad necesaria, de no ser así, se necesita mezclar previamente el caucho con componentes pétreos. El proceso húmedo, donde el caucho sustituye una parte del agregado fino. Se trata de la fabricación de un ligante modificado. Este proceso no requiere mucho cemento asfáltico, necesitándose un promedio de 2% de los agregados que se incorporen a la mezcla asfáltica.

Cabe señalar que el aumento de viscosidad es una de las características más resaltantes del cemento asfáltico con la adición de grano de caucho reciclado, a bajas temperaturas presenta un comportamiento más flexible y en altas menos plástica. Enfocando dichas características a los pavimentos, se señalan mejoras a la deformación, fatiga y aumento en la resistencia a temperaturas bajas (Ramírez, 2014, p.15). Se recomienda que el proceso por vía seca se use en mezclas en caliente, mas no en mezclas en frío, debido a que el proceso no modifica la liga completamente (Figuerola, 2008, p. 48). La diferencia de ambos procesos radica en que por vía húmeda se dispersan las partículas en el asfalto mientras que el proceso seco consiste en mezclar el caucho con el agregado y luego mezclar con el asfalto (Bahia y Davies, 1994, p.1).

La temperatura también resulta ser un parámetro de cuidado, Vega (2014) señala que para una mezcla ordinaria se emplean temperaturas que oscilan entre 145.5°C a 150.2 °C para el proceso de incorporación o mezclado, mientras que para el compactado este rango se reduce

136.2°C a 142.2°C (p.93) y de su investigación determina que para la adición óptima del 14% de caucho requiere temperaturas más altas que alcanzan valores de 167.2°C a 172.2°C para el proceso de mezclado y de 156.2°C a 160.9°C para el proceso de compactación. Al respecto, Álvarez y Carrera (2017) señalan que el caucho debe ser calentado por unos minutos a 150°C para realizar el mezclado (p. 88), por su parte Cervera (2016) detalla una metodología definida donde nos indica que los agregados calientes (170°C – 210°C) se mezclan con el caucho y se llevan al horno a una temperatura que oscila entre 150°C a 190°C por un periodo de tiempo de 2 minutos con el objeto de que el caucho se caliente y posteriormente incorporar el asfalto caliente (p.51), la temperatura de compactación la recomienda a 10°C menos que el empleado en el proceso de digestión, es decir, en el rango de 140°C a 180°C (p.52). Por su parte, Dang, Li y You (2013) indican que el caucho se agrega al asfalto caliente a 170°C, luego en una segunda etapa de mezclado se elevó la temperatura a 180°C empleando el Aparato de corte de velocidad (p. 1343), de igual modo, Wang, Wang, Wu y Zhang (2015) calentaron el asfalto a 180°C, se agregó el material elastómero termoplástico y en la etapa de mezcla de alto cizallamiento se empleó una temperatura de 180°C (p.679). Asimismo, Yu, Jiao, Ni y Yang (2014) señalan que la temperatura de elaboración debe oscilar entre 170°C a 180°C y al momento de la construcción no debe ser menor a 160°C pues de ese modo se asegura la trabajabilidad (p.417). Cabe indicar que autores como Behl, Kumar, Sharma (2013) indican que incluir como aditivo un 0.5% de agua tibia respecto al peso del material bituminoso reduce significativamente las temperaturas de 155°C a 120°C y, lógicamente esto repercute significativamente en la reducción de la contaminación (p.57).

Refiriéndonos a la interacción molecular del caucho con el asfalto tenemos que el hinchamiento de equilibrio baja conforme se incremente la porción de caucho. Asimismo, del análisis de cromatografía de permeación en gel (GPC), se determinó que en la matriz interna del caucho penetran, los componentes de asfalto penetran con mayor facilidad, es así que los n-alcenos y los n-alcilbencenos tienen mayor predisposición a penetrar en el caucho, por tanto, se puede señalar que tienen buena compatibilidad con el esqueleto polimérico del caucho (Gawel, Stepkowski y Czechowski, 2006, p. 3044)

Figuroa et al. (2009) señala que los polímeros presentan un tamaño de partícula que mejoran las propiedades reológicas del ligante. La mezcla sin consideraciones especiales da lugar a alguna de las siguientes (p.49): Mezcla heterogénea., debido a la incompatibilidad del

asfalto y el polímero. Mezcla totalmente homogénea, compatibilidad perfecta, por tal, la menos frecuente. El ligante es estable, pero más débil respecto al asfalto inicial, aumentando solo su viscosidad. Mezcla microheterogénea, compatibilidad deseada, ya que modifica el ligante. El polímero incrementa su volumen debido a la absorción del asfalto para formar una fase polimérica conformada por los aceites restantes, las resinas y asfáltenos. Según las investigaciones previas de mezclas asfálticas con caucho, se determinó que la proporción que da a lugar un asfalto modificado con buenas propiedades fisicoquímicas se encuentra en 15% respecto al contenido de cemento asfáltico (Ocampo, Caicedo y González, 2002, p.3). Por su parte Dang, Li y You (2013) indican que con una proporción de 20%, la mezcla presenta mejores propiedades ante la fatiga (p. 1348)

En virtud de todo lo antes expuesto es que se formula la siguiente pregunta de investigación: ¿Cuál será la influencia de la adición del caucho reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente para la Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La Familia – Nuevo Chimbote - 2019?

Si bien, en el Perú, existen empresas dedicadas al reciclaje, son pocas las que reutilizan el caucho proveniente de neumáticos en desuso. Sin embargo, las cantidades de llantas que ingresan en desuso ya los convierte en un problema serio que aún no se empieza a tratar con eficiencia. Es preciso señalar que como parte de los principios de la ingeniería civil es adoptar medidas e implementar nuevas tecnologías que potencien las propiedades de las estructuras y que estas, a su vez, sean amigables con el planeta.

El caucho es un polímero elastómero y como lo menciona Heshmat (1995) la modificación del asfalto con polímeros mejora significativamente sus propiedades, disminuyendo niveles de susceptibilidad a la temperatura, incrementando el intervalo de plasticidad, aumenta la cohesión y mejora la respuesta elástica (p.25). Y si bien, se viene adicionando, desde hace ya más de 30 años, modificadores de tipo elastómeros en las mezclas asfálticas, estos representan un alza elevada en los costos por tal razón no se ha masificado su utilización (Figueroa, Fonseca y Reyes, 2009, p.46)

Por lo antes mencionado, implementar procedimientos que aprovechen el caucho de los neumáticos desechados, tanto para nuestra localidad como para el país representa una ventaja competitiva en el mercado local, nacional e incluso, internacional, pues es evidente

los beneficios económicos que se obtendrían mientras se mejora la calidad de la carpeta asfáltica.

Es así que llegamos al planteamiento de la Hipótesis que la adición del caucho reciclado influye positivamente en las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente para la Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La Familia – Nuevo Chimbote – 2019.

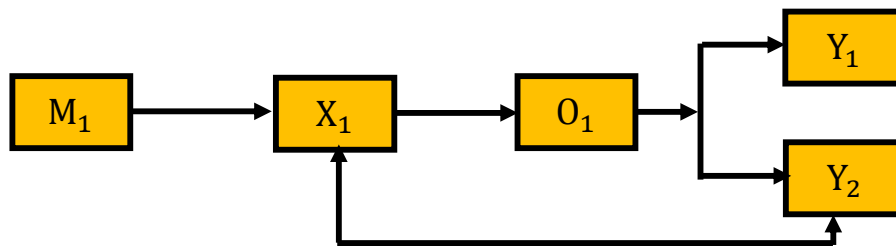
Por esa razón el objetivo general de la investigación es determinar la influencia de la adición de caucho reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente para la Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La Familia – Nuevo Chimbote – 2019. Por su parte los objetivos específicos necesarios para alcanzar aquel propósito son: Identificar las características físicas del caucho reciclado; Determinar el contenido óptimo de asfalto para la mezcla asfáltica en caliente, con adición de caucho en proporciones de 16%, 18% y 20%, para la Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La Familia – Nuevo Chimbote – 2019; Determinar el valor que corresponde a las propiedades físicas y mecánicas del diseño de mezcla asfáltica en caliente patrón y el diseño de mezcla asfáltica en caliente modificada Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La Familia – Nuevo Chimbote – 2019; Identificar las propiedades que presentan mayor alteración con la adición de caucho reciclado en la mezcla asfáltica en caliente para la Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La Familia – Nuevo Chimbote – 2019”.



## II. MÉTODO

### 2.1. Tipo y Diseño de Investigación

El estudio es cuasi experimental, debido a que la variable es manipulada, pretendiéndose determinar cuál es la alteración de las propiedades físicas y mecánicas del diseño de mezcla asfáltica con la adición de 3 proporciones distintas de caucho triturado.



**Donde:**

**M<sub>1</sub>** : Mezcla asfáltica en caliente.

**X<sub>1</sub>** : Caucho reciclado.

**Y<sub>1</sub>** : Propiedades físicas.

**Y<sub>2</sub>** : Propiedades mecánicas.

**O<sub>1</sub>** : Resultados

### 2.2. Operacionalización de Variables

Las Variables de la Investigación son la Variable Dependiente 1: Propiedades Físicas de la Mezcla Asfáltica y la Variable Dependiente 2: Propiedades Mecánicas de la Mezcla Asfáltica. Variable independiente: Caucho Reciclado.

**Tabla 1 : Operacionalización de Variables**

VARIABLE		DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADOR	ESCALA
VARIABLE INDEPENDIENTE	<b>Caucho Reciclado</b>	Material elastomérico que gracias al proceso de vulcanización hace que el estireno sea más duro y tenaz debido a que se cristaliza al ser sometido a grandes esfuerzos (Panagiotis, 2003, p 420)	Se identificó las características del caucho reciclado empleando como técnica la observación e instrumento los protocolos de acuerdo a la normativa peruana, sometidos a los ensayos de trituración, granulometría.	Características Físicas	Gradación	Intervalo
					Peso Unitario	Razón
					Temperatura	Razón
VARIABLE DEPENDIENTE	<b>Propiedades Físicas de la Mezcla Asfáltica</b>	Refiere a cualquier propiedad cuyas características debe ser cuantificables, medibles y definir una condición física (Salamanca, 2017, p.10)	Se realizó el análisis de las propiedades físicas de las muestras de diseño asfáltico con la adición de caucho, los cuales fueron sometidos a los siguientes ensayos correspondientes, contenido de asfalto, granulometría de los agregados, Ensayo Marshall, se empleó como técnica de recolección de datos la observación y como instrumentos los protocolos que exigen las normativas pertinentes.	Propiedades físicas	Densidad	Intervalo
					Proporción de Vacíos	Razón
	<b>Propiedades Mecánicas de la Mezcla Asfáltica</b>	Refiere a cualquier propiedad cuyas características debe ser cuantificables, medibles y definir una condición mecánica (Bejarano y Caicedo, 2017, p.28)	Se realizó el análisis de las propiedades físicas de las muestras de diseño asfáltico con la adición de caucho, los cuales fueron sometidos a los siguientes ensayos correspondientes, contenido de asfalto, granulometría de los agregados, Ensayo Marshall, se empleó como técnica de recolección de datos la observación y como instrumentos los protocolos que exigen las normativas pertinentes.	Propiedades mecánicas	Estabilidad	Intervalo
					Flujo	Intervalo

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

### **2.3.1. Población**

La población para el diseño de mezcla asfáltica corresponde al conjunto de al menos 60 briquetas a analizarse por el método de Marshall según la variable en estudio.

### **2.3.2. Muestra y muestreo**

Para el diseño de mezcla asfáltica convencional se requiere analizar porcentajes de 4%, 4.5%, 5%, 5.5% y 6% a fin de obtener el contenido óptimo de asfalto y mínimamente analizando 3 briquetas por cada porcentaje (MTC E 504, 2016), es decir, que para el diseño de mezcla convencional se requiere mínimamente de 15 briquetas. Para el caso en estudio se deberá realizar 4 diseños de mezcla, el primero: el diseño de mezcla asfáltica convencional, que servirá de base para analizar el comportamiento de la variable según la adición de caucho y 3 diseños de mezcla asfáltica modificada en porcentajes peso a peso de 16%, 18% y 20% de caucho. Por tal razón, la muestra corresponde al conjunto de 60 briquetas que deberán analizarse mínimamente para observar el comportamiento de la variable según la adición de caucho reciclado.

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

### **2.4.1. Técnicas de recolección**

Las técnicas de recolección de datos que se emplearon son: Observación, que consiste en prestar atención a los sucesos con el objeto de registrarlos para posteriormente someterlos a un procedimiento de análisis. Para el caso en estudio, la toma de datos se llevará a cabo en un laboratorio, efectuando los procedimientos establecidos en la normativa aplicable y registrando lo que se observe como resultado de esos procesos.

### **2.4.2. Instrumentos de recolección**

Los instrumentos de recolección de recolección de datos a emplear son Protocolos, son instrumentos emitidos por los organismos competentes para facilitar el proceso de recolección de datos de una actividad definida bajo parámetros sistematizados, es decir, son formatos ya estandarizados. Para el caso en estudio nos referimos a las fichas técnicas empleadas en los laboratorios para registrar la información obtenida y realizar los cálculos pertinentes.

Los protocolos para la recolección de datos del diseño de mezcla asfáltica en caliente se encuentran adjuntos en los anexos.

#### **2.4.3. Validez**

Los instrumentos que se emplearon en la recolección de datos de la investigación que se desarrolla en el presente informe, fueron protocolos que se emplean en los laboratorios al momento de la realización del ensayo, asimismo, los procedimientos a seguir responden a los ensayos descritos por las Normas ASTM y MTC, el Diseño de Mezcla Asfáltica ASTM D-6927 / MTC—E504.

#### **2.4.4. Confiabilidad**

Los procedimientos que se siguieron son los descritos por las normativas competentes, en ese sentido, el grado de confiabilidad de la metodología y de los instrumentos a emplearse para recolectar los datos obtenidos en el laboratorio son respaldados por las normas a las que están sujetos los ensayos.

### **2.5. Procedimiento**

La investigación se realizó enteramente en laboratorio, cabe indicar que los datos de campo servirán para su posterior aplicación; sin embargo, la presente no contempla ese alcance.

Como primera fase, se procedió con la recolección de los materiales a emplear, los neumáticos, los cuales fueron cortados para facilitar la extracción del caucho, el material fue extraído de Lima; la empresa LIDER GRASS PERÚ, quien se encargó del proceso de trituración hasta el tamaño nominal de 1.19 mm. Por otro lado, los agregados empleados fueron proveídos por la Cantera Guadalupito y trasladado al laboratorio.

Como segunda fase, se realizó el trabajo de laboratorio, donde se realizó el tamizado del caucho hasta obtener la gradación de 0.42 mm como tamaño máximo, asimismo, haciendo uso del Ensayo Marshall (ASTM D-6927 / MTC-E504) se efectuó diseño de mezcla asfáltica en caliente patrón y posteriormente los diseños de mezcla adicionando el 16%, 18% y 20% de caucho con respecto al peso del asfalto, cabe indicar que la incorporación se realizó por vía seca. Asimismo, la temperatura de incorporación fue de 170°C y de compactación 160°C.

Como tercera fase, se efectuó el trabajo de gabinete, donde se determinó el contenido óptimo de asfalto para cada diseño y el valor correspondiente para cada propiedad que detalla la metodología del Ensayo Marshall.

## **2.6. Método de Análisis de datos**

Se empleó el siguiente método de análisis de datos:

**Análisis descriptivo**, con los instrumentos señalados (protocolos) se recogió la información necesaria de laboratorio, posteriormente esta data fue sometida a un exhaustivo análisis donde se compararon los resultados obtenidos, aplicando proporciones, gráficos de barras, curvas de tendencia, etc, con la finalidad de evaluar incidencias y determinar el comportamiento de la variable bajo las condiciones de análisis a las que ha sido sometida.

## **2.7. Aspectos éticos**

La ejecución del proyecto de investigación se realizó con transparencia, los investigadores se comprometen a brindar información veraz fruto de los resultados obtenidos. Todo material bibliográfico que se incluya la elaboración del presente informe fue citado bajo los estándares señalados por la Norma ISO 690 y 690-2, cabe indicar que la norma en mención no especifica la forma de citado en redacción, por tal razón y bajo la recomendación del Manual de Referencias ISO de la Universidad César Vallejo (2016, p.7) se ha tomado la forma de citado de la norma APA.

Asimismo, los instrumentos empleados y la metodología para la obtención de resultados siguen los procedimientos descritos por las Normas ASTM y MTC.

Por otra parte, se tuvo en consideración que los procedimientos a seguir no dañen o comprometan perjudicialmente el medio ambiente, esto siguiendo procedimientos adecuados para el Manejo de Residuos Sólidos.

### III. RESULTADOS

La investigación descrita se realizó con el objeto principal de “determinar la influencia de la adición de caucho reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente para la Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La Familia – Nuevo Chimbote – 2019”; como consecuencia de ello en esta sección se detallarán los resultados obtenidos para cada fin específico que justifica el objeto principal antes señalado.

Para la realización de los diseños es de necesidad determinar el tipo de vía al que pertenece la Av. Pacífico – Tramo Óvalo La Familia, para tal efecto, la Norma CE.010 Pavimentos Urbanos (2010) señala que las Avenidas Colectoras son aquellas vías que llevan el tránsito de las vías locales a las vías arteriales, además, brinda acceso al tránsito vehicular de todo tipo y a las propiedades adyacentes (p. 46). Por tal razón podemos señalar que el tramo de interés de la Avenida Pacífico es de tránsito moderado, considerándose, para la realización de los ensayos correspondientes, las especificaciones que se detallan a continuación:

**Tabla 2: Criterio en el Método Marshall de Diseño de Mezclas**

<b>Criterio en el Método Marshall de Diseño de Mezclas</b>	Vías Locales EAL<10 <sup>4</sup> Tránsito Liviano	Vías Colectoras y Arteriales 10EAL<10 <sup>5</sup> Tránsito Mediano	Vías Expresas EAL<10 <sup>6</sup> Tránsito Pesado
Número de golpes en cada cara de la probeta	35	50	75
Estabilidad mínima, KN	3,4	5,44	8,16
Flujo, 0.25mm (min-máx.)	8 - 18	8 - 16	8 - 14
Porcentaje de vacíos, llenos de aire (min-máx.)	3 - 5	4 - 5	5 - 5
Porcentaje de vacíos llenos de asfalto VFA (min-máx.)	70 - 80	65 - 78	65 - 75

*Fuente: Tabla 31 de la Norma CE. 010, 2010.*

Respecto al primer objetivo específico: “**Identificar las características físicas del caucho reciclado**”

**Tabla 3: Características del Caucho**

<b>CARACTERÍSTICA</b>	<b>VALOR</b>
<b>Peso Unitario</b>	1.15 g/cm <sup>3</sup>
<b>Tamaño nominal</b>	0.42 mm

*Fuente: Especificaciones técnicas del caucho reciclado granular-Líder Grass y Ensayo Granulométrico*

**INTERPRETACIÓN:**

El peso unitario del caucho reciclado alcanza un valor de 1.15gr./cm<sup>3</sup>, asimismo el tamaño nominal es de 0.42 mm.

**Tabla 4: Temperatura**

<b>TEMPERATURA</b>	<b>VALOR</b>
<b>Mezclado</b>	170 °C
<b>Compactado</b>	160 °C

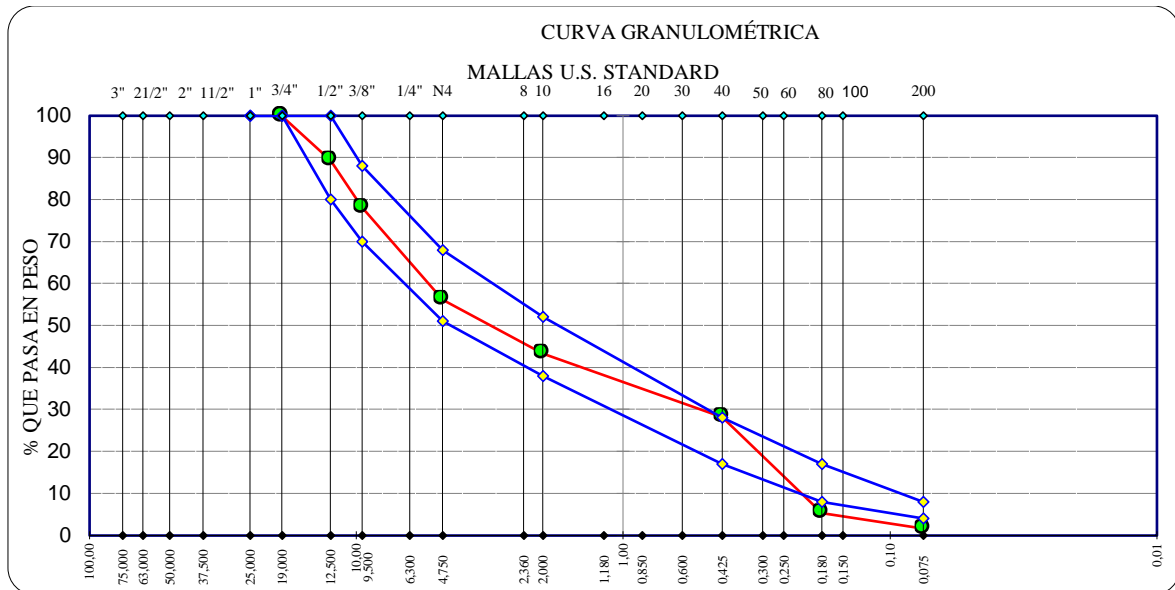
*Fuente: Ensayo Marshall – MTC E-504 /ASTM D-6927*

**INTERPRETACIÓN:**

La temperatura de mezclado alcanzó un valor de 170°C y, por su parte la temperatura de compactado alcanzó un valor de 160 °C.

Respecto al segundo objetivo específico: **“Determinar el contenido óptimo de asfalto para la mezcla asfáltica en caliente, con adición de caucho en proporciones de 16%, 18% y 20%, para la Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La Familia – Nuevo Chimbote – 2019”**

**Gráfico 1: Curva Granulométrica**



*Fuente: Ensayo de Análisis Granulométrico por Tamizado MTC – E204*

### INTERPRETACIÓN:

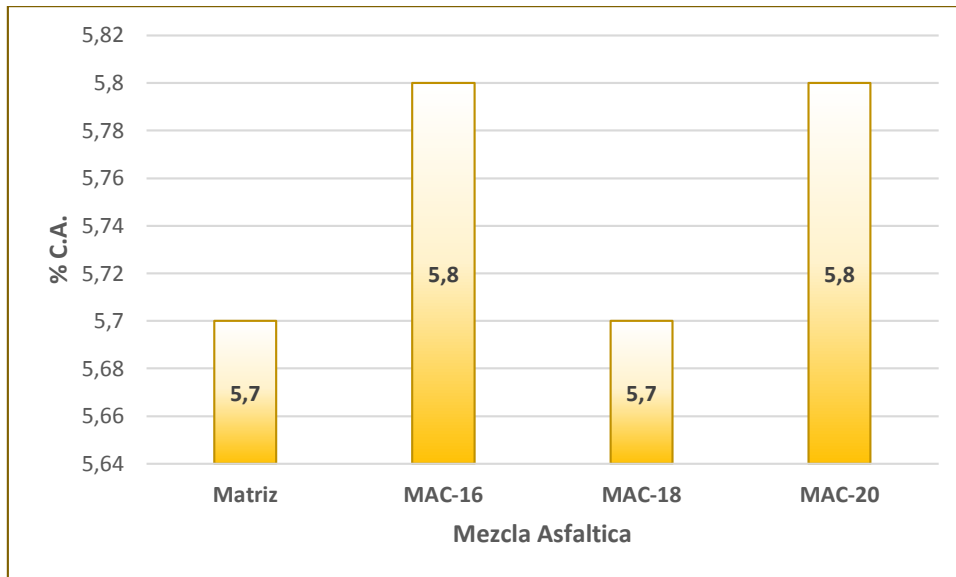
Los agregados extraídos de la Cantera de Guadalupito fueron caracterizados considerando las especificaciones para una mezcla MAC-2 (clasificación de gradación de agregados para mezclas asfálticas en caliente, según CE. 010: Tabla 15), determinándose una incorporación del 45% del material granular “Piedra Chancada” y 55% del material granular “Arena Zarandeada”. Estos porcentajes de participación son aplicables a los 4 diseños de mezcla asfáltica en caliente.

El caucho a adicionar corresponde a una granulometría de 0.42 mm, es decir, que pasa la N° 40. Asimismo, cabe indicar que los porcentajes de adición peso a peso se determinaron en función al asfalto.

Cabe indicar que se empleó cemento asfáltico PEN 60-70 y no fue necesario la incorporación de algún aditivo para la adherencia entre agregado y asfalto.



**Gráfico 2: Contenido de Cemento Asfáltico**



*Fuente: Ensayo Marshall – MTC E-504 /ASTM D-6927*

#### **INTERPRETACIÓN:**

El contenido óptimo de asfalto para la mezcla asfáltica patrón es de 5.7%, mientras que con una adición del 16% de caucho es de 5.8%, para 18% de adición de caucho es 5.7% y para 20% de adición es de 5.8%. Obsérvese la tendencia creciente.

Respecto al tercer objetivo específico: “**Determinar el valor que corresponde a las propiedades físicas y mecánicas del diseño de mezcla asfáltica en caliente patrón y el diseño de mezcla asfáltica en caliente modificada Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La amilia – Nuevo Chimbote – 2019**”

#### ❖ **Propiedades Físicas**

- **Para el diseño de mezcla asfáltica en caliente – Patrón (MAC-P):**

**Tabla 5: Propiedades Físicas MAC-P**

<b>PROPIEDAD</b>	<b>VALOR</b>
<b>Densidad (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2382
<b>% Vacíos</b>	4.8
<b>% Vacíos en Agregado Mineral (VMA)</b>	17
<b>% Vacíos llenos de Asfalto (VFA)</b>	72

*Fuente: Ensayo Marshall – MTC E-504 /ASTM D-6927*

### INTERPRETACIÓN:

La densidad de la mezcla asfáltica en caliente arroja un valor de 2382 gr/cm<sup>3</sup>.

La proporción de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente alcanza un valor de 4.8% el cual se encuentra en el rango de solicitud (3%-5%) para una carpeta asfáltica de tráfico moderado. Los vacíos en agregado mineral de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente alcanzan un valor de 17%. La proporción de vacíos lleno de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica en caliente alcanza un valor de 72% el cual se encuentra en el rango de solicitud (65%-78%) para una carpeta asfáltica de tráfico moderado.

#### ▪ Para el diseño de mezcla asfáltica en caliente – Adición 16% (MAC-16):

**Tabla 6: Propiedades Físicas MAC-16**

PROPIEDAD	VALOR
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	2358
% Vacíos	6
% VMA	17.2
% VFA	65

*Fuente: Ensayo Marshall – MTC E-504 /ASTM D-6927*

### INTERPRETACIÓN:

La densidad de la mezcla asfáltica en caliente arroja un valor de 2358 gr/cm<sup>3</sup>. La proporción de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente alcanza un valor de 6% el cual no se encuentra en el rango de solicitud (3%-5%). Los vacíos en agregado mineral de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente alcanzan un valor de 17.2%. La proporción de vacíos lleno de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica en caliente alcanza un valor de 65% el cual se encuentra en el rango de solicitud (65%-78%) para una carpeta asfáltica de tráfico moderado.

- Para el diseño de mezcla asfáltica en caliente – Adición 18% (MAC-18):

**Tabla 7: Propiedades Físicas MAC-18**

PROPIEDAD	VALOR
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	2360
% Vacíos	7
% VMA	17.8
% VFA	61

*Fuente: Ensayo Marshall – MTC E-504 /ASTM D-6927*

#### **INTERPRETACIÓN:**

La densidad de la mezcla asfáltica en caliente arroja un valor de 2360 gr/cm<sup>3</sup>. La proporción de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente alcanza un valor de 7% el cual no se encuentra en el rango de sollicitación (3%-5%). Los vacíos en agregado mineral de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente alcanzan un valor de 17.8%. La proporción de vacíos lleno de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica en caliente alcanza un valor de 61% el cual no se encuentra en el rango de sollicitación (65%-78%) para una carpeta asfáltica de tráfico moderado.

- Para el diseño de mezcla asfáltica en caliente – Adición 20% (MAC-20):

**Tabla 8: Propiedades Físicas MAC-20**

PROPIEDAD	VALOR
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	2298
% Vacíos	9.4
% VMA	19.2
% VFA	51

*Fuente: Ensayo Marshall – MTC E-504 /ASTM D-6927*

#### **INTERPRETACIÓN:**

La densidad de la mezcla asfáltica en caliente arroja un valor de 2298 gr/cm<sup>3</sup>. La proporción de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente alcanza un valor de 9.4% el cual no se encuentra en el rango de sollicitación (3%-5%). Los vacíos en agregado mineral de vacíos de la mezcla asfáltica en caliente alcanzan un valor de 19.2%. La proporción de vacíos lleno de cemento asfáltico de la mezcla asfáltica en caliente

alcanza un valor de 51% el cual no se encuentra en el rango de sollicitación (65%-78%) para una carpeta asfáltica de tráfico moderado.

❖ **Propiedades Mecánicas**

▪ **Para el diseño de mezcla asfáltica en caliente – Patrón (MAC-P):**

**Tabla 9: Propiedades Mecánicas MAC-P**

<b>PROPIEDAD</b>	<b>VALOR</b>
<b>Flujo (cm)</b>	0.37
<b>Estabilidad (kg)</b>	1180

*Fuente: Ensayo Marshall – MTC E-504 /ASTM D-6927*

**INTERPRETACIÓN:**

La densidad de la mezcla asfáltica en caliente arroja un valor de 1180 kg el cual se encuentra en el rango de sollicitación (mínimo 544kg). El flujo de la mezcla asfáltica en caliente patrón alcanza un valor de 0.37cm.

▪ **Para el diseño de mezcla asfáltica en caliente – Patrón (MAC-16):**

**Tabla 10: Propiedades Mecánicas MAC-16**

<b>PROPIEDAD</b>	<b>VALOR</b>
<b>Flujo (cm)</b>	0.36
<b>Estabilidad (kg)</b>	1020

*Fuente: Ensayo Marshall – MTC E-504 /ASTM D-6927*

**INTERPRETACIÓN:**

La densidad de la mezcla asfáltica en caliente arroja un valor de 1020 kg el cual se encuentra en el rango de sollicitación (mínimo 544kg). El flujo de la mezcla asfáltica en caliente alcanza un valor de 0.36cm el cual se encuentra en el rango de sollicitación (8-16 mm).

- Para el diseño de mezcla asfáltica en caliente – Patrón (MAC-18):

**Tabla 11: Propiedades Mecánicas MAC-18**

PROPIEDAD	VALOR
Flujo (cm)	0.36
Estabilidad (kg)	1050

*Fuente: Ensayo Marshall – MTC E-504 /ASTM D-6927*

**INTERPRETACIÓN:**

La densidad de la mezcla asfáltica en caliente arroja un valor de 1050 kg el cual se encuentra en el rango de sollicitación (mínimo 544kg). El flujo de la mezcla asfáltica en caliente alcanza un valor de 0.39cm el cual se encuentra en el rango de sollicitación (8-16 mm).

- Para el diseño de mezcla asfáltica en caliente – Patrón (MAC-20):

**Tabla 12: Propiedades Mecánicas MAC-20**

PROPIEDAD	VALOR
Flujo (cm)	0.44
Estabilidad (kg)	750

*Fuente: Ensayo Marshall – MTC E-504 /ASTM D-6927*

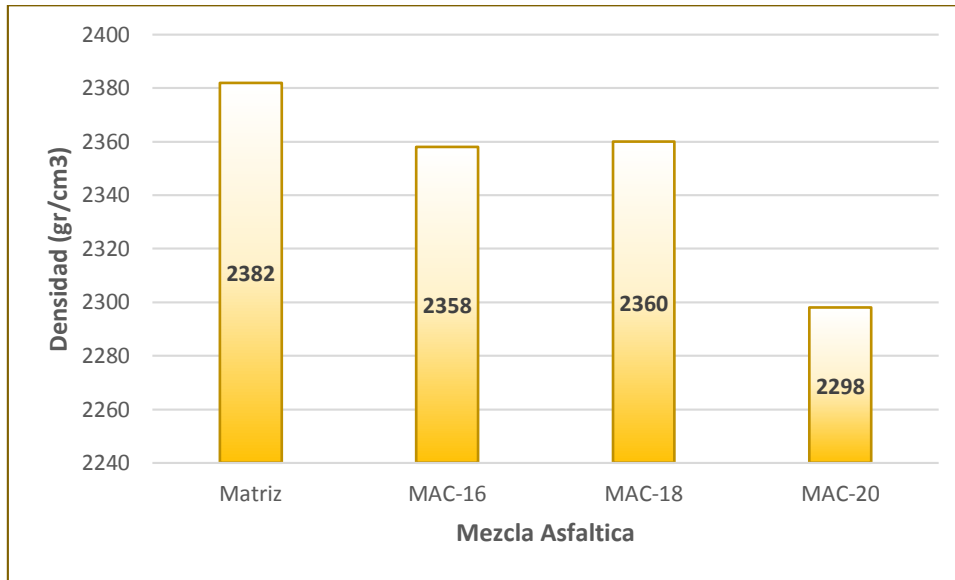
**INTERPRETACIÓN:**

La densidad de la mezcla asfáltica en caliente arroja un valor de 750 kg el cual se encuentra en el rango de sollicitación (mínimo 544kg). El flujo alcanza un valor de 0.44cm el cual se encuentra en el rango de sollicitación (8-16 mm).

Respecto al cuarto objetivo específico: **“Identificar las propiedades que presentan mayor alteración con la adición de caucho reciclado en la mezcla asfáltica en caliente para la Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La Familia – Nuevo Chimbote – 2019”**

❖ **Propiedades Físicas**

**Gráfico 3: Densidad (gr/cm<sup>3</sup>)**

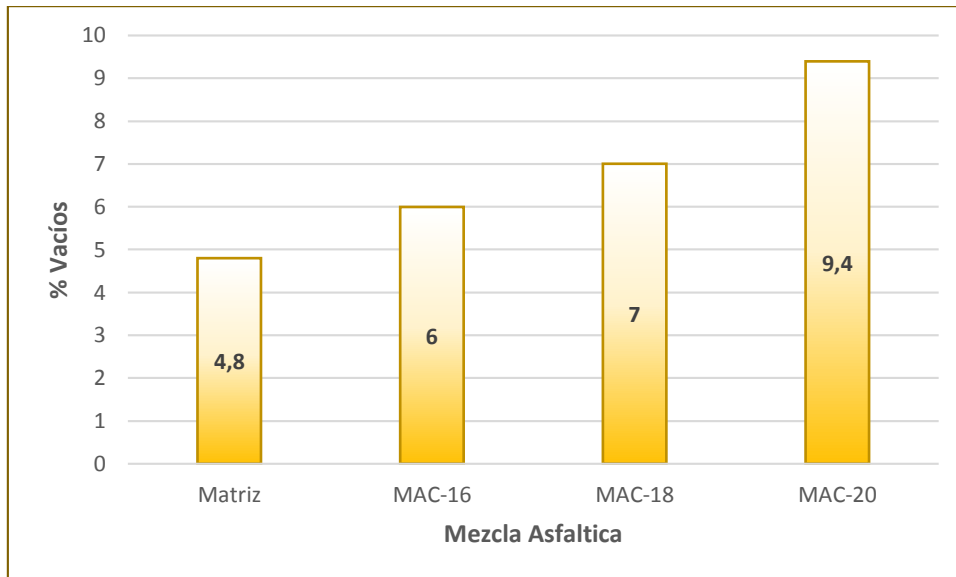


*Fuente: Ensayo Marshall – MTC E-504 /ASTM D-6927*

**INTERPRETACIÓN:**

La densidad para la mezcla patrón alcanza un valor de 2382 gr/cm<sup>2</sup>, por su parte con la adición de 16% de caucho este valor decrece en un 1.01% obteniéndose 2358 gr/cm<sup>3</sup>, con 18% de caucho la densidad decrece un 0.93% obteniéndose 2360 gr/cm<sup>3</sup> y, finalmente con 20% se obtiene una densidad de 2298gr/cm<sup>3</sup> el cual decreció en un 3.56%. Se observa la tendencia decreciente.

**Gráfico 4: % Vacíos (gr/cm<sup>3</sup>)**

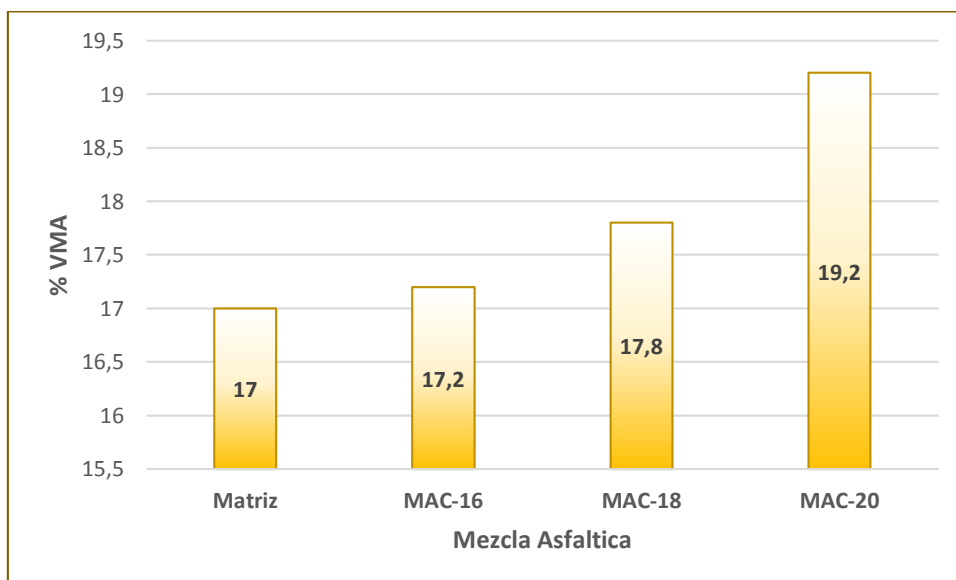


*Fuente: Ensayo Marshall – MTC E-504 /ASTM D-6927*

**INTERPRETACIÓN:**

La proporción de vacíos para la mezcla patrón obtuvo un 4.8%, mientras que una adición del 16% de caucho esta incrementa en un 25% a una proporción del 6%, de igual modo, adicionando un 18% de caucho el incremento es del 36.67% obteniéndose un 7% de proporción de vacíos, finalmente analizando con una adición de 20% de caucho se obtiene un 9.4% el cual incrementó en un 65.71%. Se observa la tendencia creciente.

**Gráfico 5: % VMA (Vacíos en agregado mineral)**

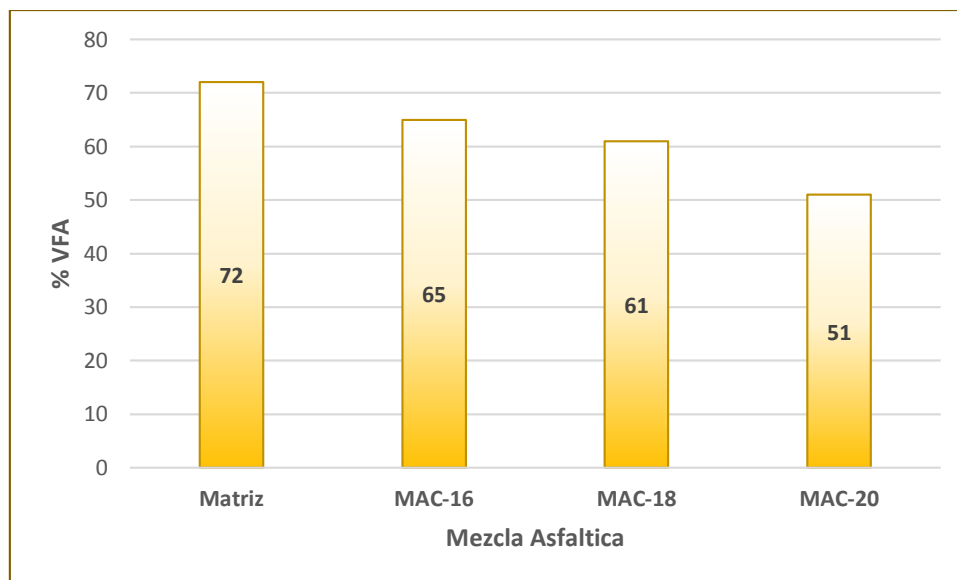


*Fuente: Ensayo Marshall – MTC E-504 /ASTM D-6927*

### INTERPRETACIÓN:

La proporción de vacíos en agregado mineral para la mezcla patrón obtuvo un 17%, mientras que una adición del 16% de caucho esta incrementa en un 1.18% a una proporción del 17.2%, de igual modo, adicionando un 18% de caucho el incremento es del 4.65% obteniéndose un 17.2% de proporción de vacíos en agregado mineral, finalmente analizando con una adición de 20% de caucho se obtiene un 19.2% el cual incrementó en un 12.36%. Se observa la tendencia creciente.

**Gráfico 6: % VFA (Vacíos llenos de concreto asfaltico)**



*Fuente: Ensayo Marshall – MTC E-504 /ASTM D-6927*

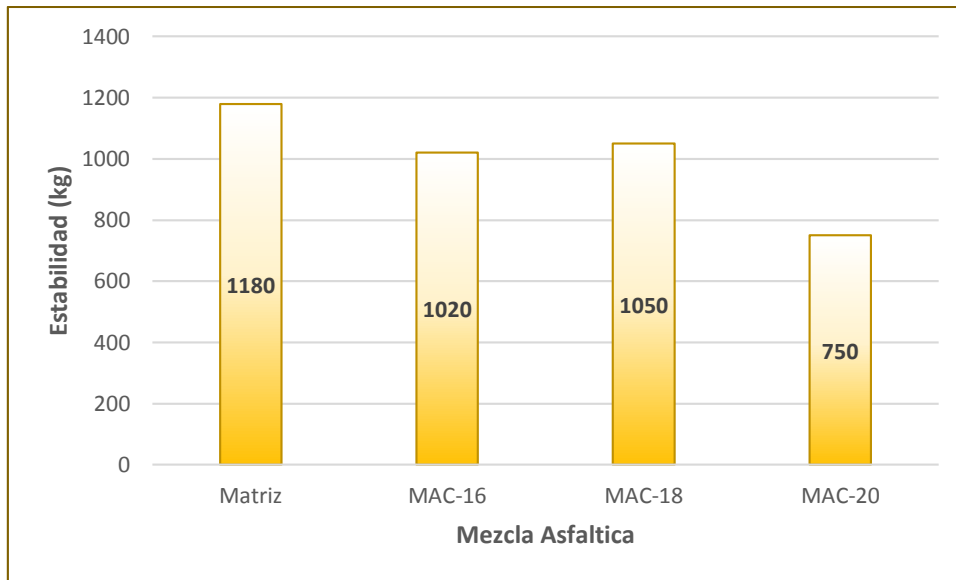
### INTERPRETACIÓN:

La proporción de vacíos llenos de concreto asfaltico para la mezcla patrón obtuvo un 72%, mientras que una adición del 16% de caucho está disminuyendo en un 9.72% a una proporción del 65%, de igual modo, adicionando un 18% de caucho la disminución es del 16.92% obteniéndose un 61% de proporción de vacíos llenos de concreto asfaltico, finalmente analizando con una adición de 20% de caucho se obtiene un 51% el cual disminuyó en un 34.43%. Se observa la tendencia decreciente.



## ❖ Propiedades Mecánicas

### Gráfico 7: Estabilidad (Kg)

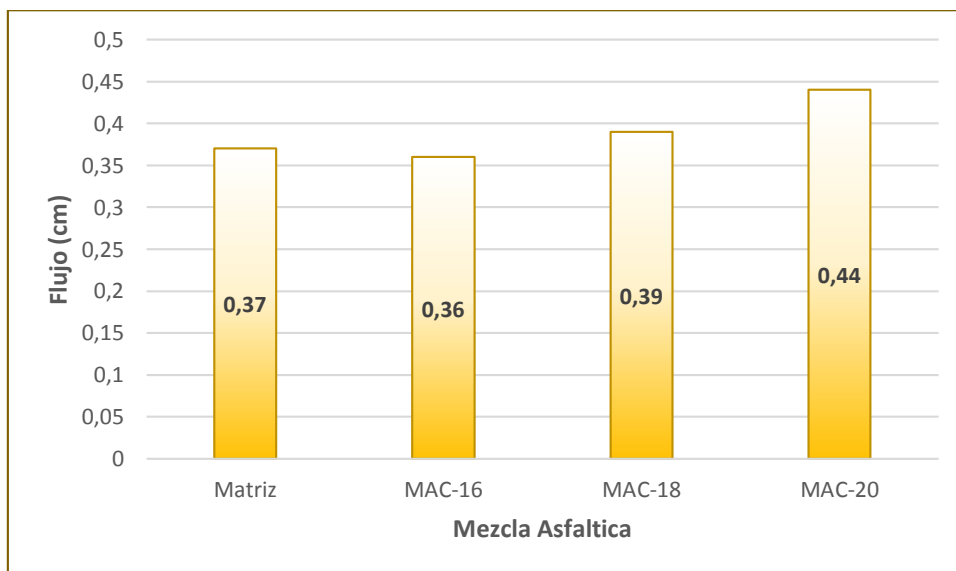


*Fuente: Ensayo Marshall – MTC E-504 /ASTM D-6927*

### INTERPRETACIÓN:

La Estabilidad para la mezcla patrón obtuvo 1180 kg, mientras que una adición del 16% de caucho está disminuyendo en un 13.56% obteniéndose un valor 1020kg, de igual modo, adicionando un 18% de caucho la disminución es del 12.75% con un valor de 1050kg, finalmente analizando con una adición de 20% de caucho se obtiene 750kg el cual representa una disminución del 40.95%. Se observa la tendencia decreciente.

### Gráfico 8: Flujo (cm)



*Fuente: Ensayo Marshall – MTC E-504 /ASTM D-6927*

## INTERPRETACIÓN:

El flujo para la mezcla patrón obtuvo 0.37mm, mientras que una adición del 16% de caucho está disminuyendo en un 2.7% obteniéndose un valor 0.36, sin embargo, adicionando un 18% de caucho el flujo incrementa en 5.56% con un valor de 0.39mm, finalmente analizando con una adición de 20% de caucho se obtiene 0.44mm el cual representa un incremento del 17.95%. Se observa la tendencia decreciente.

Finalmente, respecto a la hipótesis: **“La adición del caucho reciclado influye positivamente en las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente para la Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La Familia – Nuevo Chimbote – 2019”** se realizó el análisis de correlación (Tabla 13), determinándose la existencia de correlación entre la adición de caucho y las propiedades físicas y mecánicas, es decir, sí influye, asimismo, se determina que las muestras presentan una distribución normal (Tabla 13), por lo tanto la media es representativa y válida para análisis de cada propiedad, sin embargo, realizando la prueba de hipótesis (Tabla 14), se determina que se niega la hipótesis planteada inicialmente, por tanto “la adición del caucho reciclado en proporciones de 16%, 18% y 20% no influyen positivamente en las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente para la Avenida Pacífico – Tramo Ovalo La Familia – Nuevo Chimbote – 2019”

**Tabla 13: Factor de Relación, Sesgo Estandarizado y Curtosis**

Propiedades	Patrón	MAC-16	MAC-18	MAC-20	Sesgo Estandarizado	Curtosis	Correl. (r)
<b>Físicas</b>							
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	2382	2358	2360	2298	-1.4343	2.6840	-0.713381
% Vacíos	4.8	6	7	9.4	0.8122	0.7371	0.798718
% VMA	17	17.2	17.8	19.2	1.3713	1.5000	0.675048
% VFA	72	65	61	51	-0.4725	0.6502	-0.845583
<b>Mecánicas</b>							
Flujo (cm)	0.37	0.36	0.39	0.44	1.3309	1.5000	0.532444
Estabilidad (kg)	1180	1020	1050	750	-1.0941	2.0646	-0.762931

*Fuente: Elaboración Propia en bases a los datos del Ensayo Marshall (Ver Anexo IV)*

El sesgo estandarizado, la curtosis y el factor de correlación se encuentran en el rango de -2 a 2, -3 a 3 y -1 a 1 respectivamente; por tanto, la media es representativa y sí existe influencia.

**Tabla 14: Prueba de Hipótesis**

Propiedad	Prueba	Patrón	MAC-16	MAC-18	MAC-20	Media	Desv. Estand.	Desv. Muestr.	t-de prueba	t-Student	Acep.
<b>Físicas</b>											
<b>Densidad (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	H <sub>0</sub> : $\mu \leq 2382$ H <sub>1</sub> : $\mu > 2382$	2382	2358	2360	2298	2349.5	36.014	18.0069	-1.805	2.9200	H <sub>0</sub>
<b>% Vacíos</b>	H <sub>0</sub> : $\mu \geq 5$ H <sub>1</sub> : $\mu < 5$	4.8	6	7	9.4	6.8	1.953	0.9764	1.8435	-2.9200	H <sub>0</sub>
<b>% VMA</b>	H <sub>0</sub> : $\mu \geq 17$ H <sub>1</sub> : $\mu < 17$	17	17.2	17.8	19.2	17.8	0.993	0.4967	1.6108	-2.9200	H <sub>0</sub>
<b>% VFA</b>	H <sub>0</sub> : $\mu < 65$ H <sub>1</sub> : $\mu \geq 65$	72	65	61	51	62.25	8.770	4.3851	-0.627	2.9200	H <sub>0</sub>
<b>Mecánicas</b>											
<b>Flujo (mm)</b>	H <sub>0</sub> : $\mu \geq 0.37$ H <sub>1</sub> : $\mu < 0.37$	0.37	0.36	0.39	0.44	0.39	0.0356	0.0178	1.1239	-2.9200	H <sub>0</sub>
<b>Estabilidad (kg)</b>	H <sub>0</sub> : $\mu \leq 1180$ H <sub>1</sub> : $\mu > 1180$	1180	1020	1050	750	1000	180.555	90.2774	-1.994	2.9200	H <sub>0</sub>

*Fuente: Elaboración Propia en bases a los datos del Ensayo Marshall (Ver Anexo IV)*

#### **IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

La gradación del caucho empleada por investigadores anteriores fue la pasante por la malla N° 40, es decir, un tamaño nominal de 0.42 mm, autores como Vera (2015, p. 84), sugieren emplear esta gradación para obtener una buena compatibilidad con el asfalto, de igual modo Carrizales (2015, p.75), que si bien su investigación no arroja mejoras significativas de las propiedades, las causas que atribuye a esto, corresponden a otras variables y Ocampo, Caicedo y Gonzales (2002) también señalan que dicha granulometría es la adecuada para compatibilizar con el asfalto y potenciar sus cualidades, por su parte en el desarrollo de esta investigación se observa una buena compatibilización con el asfalto, de fácil mezclado y manipulación y que no presenta inconveniente mayor en el proceso regular de un diseño de mezcla asfáltica en caliente.

La temperatura de incorporación de caucho según Cervera (2016, p.51) oscila entre 170°C a 210°, la de digestión entre 150 °C y 190 °C considerando que la temperatura de compactación debe tomarse 10 grados menos que la de digestión, por su parte Vera (2014, p.94) señala que para una mezcla modificada la temperatura de mezclado oscila entre 167,2°C y 172,2 °C, mientras que la temperatura de compactación oscila entre 156.2 °C y 160.9 °C, teniendo coherencia con las temperaturas empleadas en el desarrollo de esta investigación cuya temperatura fue de 170°C para la incorporación o mezclado y 160°C para el compactado.

Rondon et al. (2007) señala que, en el caso de las adiciones de caucho al asfalto, se observa una disminución del contenido óptimo de asfalto en un 9.8%, en concordancia con esto, Fajardo Luis y Vergaray Alfonso (2014) señalan que el contenido óptimo de asfalto se reduce hasta un 10.71%; sin embargo, los resultados obtenidos en la presente contradicen esto, pues a medida que se agrega más caucho el contenido óptimo del material tiende a incrementar hasta en un 1.75%, esto podría tener cierta concordancia con lo indicado por Cervera (2016, p.91) cuyos resultados arrojan un mejor comportamiento de la mezcla cuando el contenido asfáltico incrementa en un 1.72% y de igual modo con Pereira, Oliveira, Freitas y Machado (2013, p. 211) quienes afirman que la incorporación de caucho incrementa la cantidad de cemento asfáltico de un 5% a un 5.2%.

Refiriéndonos a las propiedades físicas:

Carrizales (2015) señala que la densidad disminuye debido a que el peso específico del caucho es menor (p. 107), de igual modo Álvarez y Carrera (2017) aseveran que según se incrementa la cantidad de caucho la densidad baja, ya que el volumen de las briquetas aumenta (p.124), ambos argumentos guardan coherencia con lo obtenido en los resultados de la presente, donde se observa una disminución progresiva de la densidad a medida que la adición de caucho incrementa.

La proporción de vacíos en mezcla de acuerdo a Cervera (2016) disminuye con la adición de caucho (p. 73, 91) esto es contradecido por los resultados obtenidos por Vera (2014) donde se observa un incremento de los vacíos como consecuencia de la incorporación del caucho (p. 112) y por los resultados obtenidos por la presente investigación donde se observó la tendencia creciente a medida que la proporción de caucho aumentó, asimismo por unanimidad se indica que esto ocurre debido al amortiguamiento que ofrece el caucho frente a los golpes.

La proporción de vacíos llenos de cemento asfáltico (VFA) según Carrizales (2015) con la adición del caucho, este parámetro disminuye en un 28% como consecuencia de que las briquetas con caucho tienen un mayor volumen (p. 108) asimismo Vera (2016) también encuentra una disminución importante de los vacíos llenos (p. 112) y la presente de igual modo corrobora tales afirmaciones encontrando a su vez que a medida que la porción de caucho incrementa la disminución de este parámetro se hace más importante.

La proporción de vacíos llenos de agregado mineral (VAM) de acuerdo a Cervera (2016) baja en 6.47% (p. 73, 91) y según Vera (2016) aumenta significativamente (p.112), sin embargo, encontramos coherencia la presente investigación con los resultados de Cervera, pues se encontró que una tendencia creciente a medida que se adiciona el caucho.

Con respecto a las propiedades mecánicas:

La estabilidad según Rondón et al. (2007) es potenciada hasta en un 25% por la presencia del caucho, por su parte Villagaray (2017) afirma que el caucho aporta un 13.24 % de rigidez a la mezcla; sin embargo, Carrizales (2015) señala que la estabilidad disminuye en un 14.5% al igual que la presente donde la disminución alcanza 2.7%, estas diferencias tienen como

respuesta que la adición de caucho mejora las propiedades pero según se agregue una mayor proporción la estabilidad empieza a decaer pues como se vio en las propiedades físicas según las partículas de caucho vayan ocupando más espacio, llegara un punto en el que afectará a la rigidez.

De acuerdo a Villagaray (2017), el flujo se reduco en un 10.81%, esto significa que la mezcla es más rígida (p. 61-62); sin embargo, para Carrizales (2015) el flujo aumenta en un 46.15%, es decir que la mezcla se comportó altamente plástica (106), esto es corroborado por Álvarez y Carrera (2017) quienes encontraron que a medida que se incrementa la adición del caucho aumenta la fluencia (p.126) de igual modo que en la investigación, donde si bien el incremento el leve se observa la tendencia creciente de la fluencia según se adiciona el caucho.

En investigaciones anteriores tenemos que Vera (2016) encuentra que con 14% se observan mejoras (p. 119-120), a su vez, Ocampo, Caicedo y González (2002) indican que a partir del 15% ya se encuentran mejoras; sin embargo, contrario a lo anterior, Goicochea (2017) señala que las mezclas con 20% de caucho presentan resultados desfavorables, esto guarda coherencia con lo obtenido por Carrizales (2015), cuya adición del 3% respecto al agregado representa una proporción mayor a 16 % con respecto al asfalto y con la presente investigación, donde se encontró que la adición de caucho, en proporciones de 16%, 18% y 20% respecto al asfalto, no mejoran el comportamiento físico-mecánico de la mezcla y solo la mezcla con adición de 16% cumple con los requerimientos mínimos, pero incrementa el contenido óptimo de cemento asfáltico.

## V. CONCLUSIONES

1. La gradación del caucho para la modificación del asfalto fue el pasante de la malla N° 40, es decir de tamaño nominal de 0.42 mm; asimismo la temperatura empleada fue de 170 °C para la incorporación y de 160 °C para la compactación, por su parte el peso unitario es de 1.15 gr/cm<sup>3</sup>.
2. El contenido óptimo es de 5.7% para la mezcla patrón, 5.8% para la MAC-16, 5.7% para la MAC-18 y 5.8% para la MAC-20; siendo la MAC-16 la que presenta el mejor comportamiento y presenta un incremento de 1.75%.
3. Las propiedades físicas alcanzan valores para la mezcla asfáltica patrón, densidad de 2382 gr./cm<sup>3</sup>, 4.8% de vacíos, 17% VMA y 72% de VFA; frente a una MAC-16 que alcanza una densidad de 2358 gr/cm<sup>3</sup>, un 6% de vacíos, 17.2% de VMA y 65% VFA. Las propiedades mecánicas alcanzan valores para la mezcla asfáltica, flujo 0.37mm y estabilidad 1180 kg; frente a una MAC-16 alcanza un flujo de 0.36 mm y estabilidad de 1020kg.
4. Las propiedades físicas presentan una alteración de 1.01% de disminución de la densidad, 25% de incremento de % Vacíos, 1.18% de incremento del %VMA y una disminución del 16.92% de %VFA. Las propiedades mecánicas presentan una alteración de 2.7% de disminución del flujo, 13.56% de disminución de la estabilidad.
5. La adición de caucho en porcentajes de 16%, 18% y 20% influyen negativamente sobre las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente para la Avenida Pacifico – Tramo Ovalo La Familia – Nuevo Chimbote 2019, debido a que ninguna propiedad presenten valores que mejore el compartimiento de la mezcla asfáltica en caliente.

## **VI. RECOMENDACIONES**

Recomendamos a los investigadores:

1. Experimentar con temperaturas mayores, pues según la literatura consultada entre mayor es la temperatura, parámetros como la rigidez se potencian; sin embargo; es importante determinar a qué temperatura máxima se observa un decaimiento progresivo.
2. Realizar un análisis de fatiga y la incidencia del caucho sobre las propiedades químicas de la mezcla asfáltica.
3. Determinar la incidencia de algún aditivo que mejore la compatibilidad asfalto-polímero a fin de que se mejore su interacción.
4. Establecer una curva para el contenido óptimo de asfalto y para cada una de las propiedades, tanto físicas como mecánicas, con % de adición del 12% al 20%, con una amplitud no mayor de 0.5%, con el objeto de determinar una ecuación en función a la adición de caucho y determinar con el menor margen de error el contenido óptimo para los 3 niveles de tráfico: Liviano, mediano y pesado.
5. Determinar la influencia de la adición de caucho para el rango de 14% al 16% sobre el contenido óptimo de asfalto, así como para las propiedades físicas y mecánicas.



## VII.REFERENCIAS

1. ALVAREZ Briceño, Luis y CARRERA Sanchez, Ever. Influencia de la incorporación de partículas de caucho reciclado como agregados en el diseño de mezcla asfáltica. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad Privada Antenor Orrego, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2017. 150 pp.
2. AMERICAN Society for Testing and Materials (International). ASTM D-6927: Standard Test Method for Marshall Stability and Flow of Bituminous Mixtures. West Conshohocken, PA, 2015. Disponible en: <http://www.astm.org/cgi-bin/resolver.cgi?D6927>
3. ANALYSIS on fatigue crack growth laws for crumb rubber modified (CRM) asphalt mixture por Hainian Wang [et al]. Elsevier: Construction and Building Materials, (47): 1342-1349, julio 2013.
4. ANGULO Rodríguez, Ricardo y DUARTE Ayala, José Luis. Modificación de un asfalto con caucho reciclado de llanta para su aplicación en pavimentos. Proyecto de Grado (Ingeniero Químico). Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ingeniería Química, 2005.
5. ASPHALT modified by thermoplastic elastomer based on recycled rubber por Shifeng Wang [et al]. Elsevier: Construction and Building Materials, (93): 678–684, junio 2015.
6. BAHIA, Hussain y DAVIES, Robert. Effect of Crumb Rubber Modifiers (CRM) on Performance-Related Properties of Asphalt Binders. The Pennsylvania State University, University Park PA. pp.414-438, 1994.
7. BEHL, Ambika; KUMAR, Gajendra y SHARMA, Girish. Performance of Low Energy Crumb Rubber Modified Bituminous Mixes. Elsevier: 2<sup>nd</sup> Conference of Transportation Research Group of India (2nd CTRG), (104): 49-58, 2013.
8. BEJARANO Jeisson y CAICEDO Carlos. Análisis del comportamiento físico-mecánico de la mezcla asfáltica tipo mdc.19 con fibra natural de caña de azúcar. Trabajo de Grado (Ingeniero Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, Programa de Ingeniería Civil, 2017. 80 pp.
9. CAMPAÑA O., GALEAS S. y GUERRERO V. Obtención de Asfalto Modificado con Polvo de Caucho Proveniente del Reciclaje de Neumáticos de Automotores [En línea]. Revista Politécnica, 2016. 36(3), pp.6. [Fecha de Consulta: 5 de mayo de 2019] Disponible:[www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista\\_politecnica2/article/viewFile/513/p](http://www.revistapolitecnica.epn.edu.ec/ojs2/index.php/revista_politecnica2/article/viewFile/513/p)

10. CAO, Weidong. Study on properties of recycled tire rubber modified asphalt mixtures using dry process. Elsevier: Construction and Building Materials, (21): 1011–1015, mayo 2007.
11. CARACTERIZACIÓN fisicoquímica y morfológica de asfaltos modificados con material reciclado por Figueroa Infante, A. [et al.]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2009. pp 45-70.
12. CARRIZALES Apaza, José. Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos flexibles. Tesis (Ingeniero Civil). Puno: Universidad Nacional del Altiplano, Escuela de Ingeniería Civil, 2015. 119 pp.
13. CASTRO, Guillermo. Materiales y Compuestos para la Industria del Neumático. Departamento de Ingeniería F.I.U.B.A, 2008. 57pp.
14. CEVERA Borja, César. Influencia en las propiedades mecánicas de una mezcla asfáltica incorporando caucho reciclado de neumáticos, Cajamarca, 2016. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2016. 156 pp.
15. CRIOLLO Salamea, Andrés. Caracterización del caucho reciclado proveniente de SCRAP y de neumáticos fuera de uso para su potencial aplicación como materia prima. Tesis (Ingeniero Civil). Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, 2014. 126pp.
16. EL uso de caucho de cubiertas en mezclas asfálticas por Cuattrocchio A.C [et al.]. Buenos Aires: Centro de Investigaciones Viales LEMAC, 2006. 19 pp. ISBN 950-42-0056-7
17. DEL Val, Miguel Ángel [UPN]. El método Marshall [Archivo de video]. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, 2016. Disponible en: [https://www.youtube.com/watch?v=3\\_Wud2EO5YU](https://www.youtube.com/watch?v=3_Wud2EO5YU)
18. ESTADO del conocimiento del estudio sobre mezclas asfálticas modificadas en Colombia por Hugo Rondon Quintana [et al.]. Colombia: Infraestructura Vial (19):10-20, 2007.
19. EVALUATION of plastic–rubber asphalt: Engineering property and environmental concern por Bin Yu [et al.]. Elsevier: Construction and Building Materials, (71): 416-424, setiembre 2014.
20. FAJARDO Cachay, Luis y VERGARAY Huamán, Douglas Alfonso. Efecto de la incorporación por vía seca, del polvo de neumático reciclado, como agregado fino en mezclas asfálticas. Tesis (Ingeniero civil). Lima: Universidad San Martín de Porres: Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2014. 145 pp.

21. FERNÁNDEZ Wilmar, RONDÓN Hugo y REYES Fredy. Envejecimiento de asfaltos y mezclas asfálticas: Estado del conocimiento. Pontificia Universidad Javeriana, Centro de estudios en carreteras, transportes y afines CECATA, 2011, 35 pp.
22. GAWEL, Irena; STEPKOWSKI, Robert y CZECHOWSKI, Franciszek. Molecular Interactions between Rubber and Asphalt. American Chemical Society. (45): 3044-3049, abril 2016.
23. GOICOCHEA Fernández, Freddy. Estudio de un asfalto con adición de caucho de neumático reciclado como polímero base, Chachapoyas – Amazonas – 2017. Tesis (Ingeniero Civil). Perú: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, 2019. 99 pp.
24. HEITZMAN, M.A. State of the practice: Design and construction of asphalt paving materials with crumb-rubber modifier. Final report. Federal Highway Administration, Washington, DC (United States). Office of Engineering. Mayo 1992, 118 pp.
25. HESHMAT, A. Polymer modifiers for improved performance of Asphalt mixture [En línea]. Texas: Texas Transportation Institute, 1995 [Fecha de Consulta: 1 mayo de 2019] Disponible en: <https://books.google.com.br/books?id=3YjX7uyNq1IC&lpg=PA197&ots=D0hFE4FTM&dq=HESHMAT%2C%20A.%20Polymer%20modifiers%20for%20improved%20performance%20of%20Asphalt%20mixture&lr&hl=es&pg=PA197#v=onepage&q=HESHMAT,%20A.%20Polymer%20modifiers%20for%20improved%20performance%20of%20Asphalt%20mixture&f=false>
26. INSTITUTO Nacional de Estadística e Informática. Informe Técnico de Producción Nacional N° 3 – marzo 2019. 49pp.
27. KANDHAL, P. Materiales de desecho en el asfalto de mezcla en caliente: una descripción general, en Uso de materiales de desecho en el asfalto de mezcla en caliente. ed. H. Waller, West Conshohocken, PA: ASTM International, 1993, pp 3-16.
28. MAILA Paucar, Manuel. Comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímero etileno vinil acetato (EVA). Trabajo de Graduación (Ingeniero Civil). Quito: Universidad Central del Ecuador, Carrera de Ingeniería Civil, 2013. 186 pp.
29. MECHANICAL performance of asphalt mixtures produced with cork or rubber granulates as aggregate partial substitutes por Simão M.S. Pereira [et al]. Elsevier: Construction and Building Materials, (41): 209-215, enero 2013.

30. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú). MTC E-504, 1999 - Resistencia de mezclas bituminosas empleando el aparato Marshall. Manual de ensayos de materiales para carreteras. Lima: 2016, pp. 583-594.
31. MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú). MTC E-204, 1999 – Análisis granulométrico de agregados gruesos y finos. Manual de ensayos de materiales para carreteras. Lima: 2016, pp. 303-308.
32. MINISTERIO de Vivienda, Construcción y Saneamiento (Perú). NTE CE. 010 – Pavimentos Urbanos. 1ª ed. SENCICO: Lima: 2010, 79 pp.  
ISBN 978-9972-9433-5-5
33. OCAMPO, M., CAICEDO, B. y GONZÁLEZ, D. Mezclas asfálticas mejoradas con caucho molido proveniente de llantas. Revista de Ingeniería. 2002, núm. 16: 175-80.
34. PANAGIOTIS, F. Crumb rubber-bitumen interactions: Cold-stage optical microscopy. Journal of Materials in Civil Engineering. 2003, vol. 15, núm. 5, pp. 419-426.
35. PELÁEZ Arroyave, G. J., VELÁSQUEZ Restrepo, S. M. y GIRALDO Vásquez, D. H. Applications of recycled rubber: A literature review. Revista de Ciencia e ingeniería Neogranadina. Vol. 27, no 2, 2017. Pp. 27-50. [Fecha de Consulta: 1 mayo de 2019]. Disponible en: [http:// dx.doi.org/10.18359/rcin.2143](http://dx.doi.org/10.18359/rcin.2143)
36. PROGRESS in used tyres management in the European Union: A review [En línea] por Sienkiewicz, M [et al.]. Waste Management, Vol. 32, Número 10, 2012, p.1742-1751. [Fecha de Consulta: 1 mayo de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X1200219X> ISSN 0956-053X
37. REYES, Fredy y FIGUEROA, Ana. Mejora de mezclas asfálticas de rodadura 0/10 cerradas con el uso de un elastómero (caucho) y un plastómero (tiras de bolsas de leche) en un asfalto 80-100, Congreso Mexicano del Asfalto. Mexico: Universidad Javeriana, 2017.
38. RONDON Hugo, FERNÁNDEZ Wilmar y CASTRO William. Mechanical properties evaluation of a dense hot asphalt mixture modified with a residue of low-density polyethylene (LDPE). Revista Ingeniería de Construcción, Vol. 25, No 1, 2010, pp83-94.
39. SALAMANCA Arce, Gonzalo. Influencia de la contaminación salina en el envejecimiento prematuro de mezclas y tratamientos asfálticos. Memoria (Ingeniero Civil). Santiago: Universidad de Chile, Departamento de Ingeniería Civil, 2007. 109 pp.

40. SECRETARÍA de Comunicaciones y Transportes (SCT). Aspectos del diseño volumétrico en mezclas asfálticas. Sanfandila: Instituto Mexicano del Transporte. 2004. 67 pp.
41. SHU, Xiang y HUANG, Baoshan. Recycling of waste tire rubber in asphalt and portland cement concrete: An overview. Elsevier: Construction and Building Materials, (67): 217-224, setiembre 2014.
42. TIMARÁ, Miguel Ángel [Flor Guerrero]. Ensayo de mezclas asfálticas: Método Marshall [Archivo de video]. Piura: Laboratorio de la Universidad de Piura, 2015. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=Gj1Di-dypts>
43. URREGO Aguilera, Edward y RUIZ Ramírez, Cristian. Determinación de la adherencia en mezclas asfálticas elaboradas con asfaltos convencionales y materiales de peña y río. Tesis (Ingeniero Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, Programa de Ingeniería Civil, 2016. 88 pp.
44. UNIVERSIDAD César Vallejo. Referencias estilo ISO 690 y 690-2: Adaptación de la norma de la International Organization for Standardization (ISO). Fondo Editorial UCV: Lima, 2016. 39 pp.
45. VEGA Zurito, Danilo. Análisis del comportamiento a compresión de asfalto conformado por caucho reciclado de llantas como material constitutivo del pavimento asfáltico. Trabajo Experimental (Ingeniero Civil). Ambato: Universidad Técnica de Ambato, Carrera de Ingeniería Civil, 2016. 114 pp.
46. VERA Cortez, Carlos. Análisis del comportamiento reológico y caracterización de asfalto modificado con llanta triturada (caucho) en relación el asfalto convencional, como alternativa de mitigación de contaminación ambiental por llantas en desuso. Tesis (Máster en Ingeniería Ambiental). Bolivia: Universidad Mayor de Simón, Facultad de Ciencias y Tecnología, 2014. 140 pp.
47. VILLAGARAY Medina, Edwin. Aplicación de caucho reciclado en un diseño de mezcla asfáltica para el tránsito vehicular de la Avenida Trapiche-Comas (Remanso) 2017. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad César Vallejo, Escuela de Ingeniería Civil, 2017. 129 pp.

# **ANEXOS**

Anexo I  
Matriz de Consistencia

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

### TÍTULO

**“Influencia de la Adición de Caucho Reciclado en las Propiedades Físicas y Mecánicas de la Mezcla Asfáltica en Caliente para la Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La Familia - Nuevo Chimbote - 2019”**

### LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de Infraestructura Vial

### DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Se estima que alrededor de 17 millones de toneladas de neumáticos se producen anualmente. A este altísimo nivel de consumo es necesario añadirle que debido a su estructura y composición química es de difícil biodegradación (Peláez, Velásquez y Giraldo, 2017, párr. 5) y que cada año se calcula que entre 7 a 9 millones de toneladas de caucho corresponden a llantas fuera de uso (Sienkiewicz, 2012, p. 1742), por tal razón es una amenaza bastante seria para el medio en el que vivimos

“En enero de 2019, en el Perú el sector transporte, almacenamiento, correo y mensajería registro un avance de 2,73%, por el crecimiento del subsector transporte en 1,80% y del subsector almacenamiento y mensajería en 4,78%” (INEI, 2019, p32), con esos datos podemos inferir que el consumo de caucho en el Perú es significativo y progresivo, pero no se viene tomando a la ligera y es necesario que se adopten medidas correctivas.

En Chimbote, basta con salir a caminar por las calles de Nuevo Chimbote y ver como en las afueras de los talleres mecánicos, se hallan apilados neumáticos de todos los tipos y tamaño que al final de la semana llegan a parar en algún “botadero”. Y es que, si bien, se podría decir que tenemos la solución delante, no existe interés alguno por ningún ente u organismo que lo fomente o difunda. En ese sentido, determinar que influencia tiene la adición de caucho sobre el diseño de mezcla asfáltica convencional sienta un precedente significativo que demostraría cómo un recurso que “hacemos de menos” y desechamos podría mejorar las características técnicas y reducir costos, así como el impacto ambiental.



Problema de investigación	Objetivos	Variable	Dimensión	Indicador	Justificación	
¿Cuál será la influencia de la adición del caucho reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente para la Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La Familia – Nuevo Chimbote - 2019?	<p><b>Objetivo General:</b> Determinar la influencia de la adición de caucho reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de la mezcla asfáltica en caliente para la Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La Familia – Nuevo Chimbote - 2019.</p> <p><b>Objetivos Específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Identificar las características físicas del caucho.</li> <li>▪ Analizar la mezcla asfáltica en caliente, con adición de caucho en proporciones de 16%, 18% y 20%, para la Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La Familia – Nuevo Chimbote – 2019.</li> <li>▪ Determinar el valor que corresponde a las propiedades físicas y mecánicas del diseño de mezcla asfáltica en caliente patrón y el diseño de mezcla asfáltica en caliente modificada Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La Familia – Nuevo Chimbote - 2019.</li> <li>▪ Identificar las propiedades que presentan mayor alteración con la adición de caucho reciclado en la mezcla asfáltica en caliente para la Avenida Pacífico – Tramo Óvalo La Familia – Nuevo Chimbote - 2019.</li> </ul>	<b>Caucho Reciclado</b>	<b>Características físicas</b>	<b>Gradación</b>	Como parte de los principios de la ingeniería civil es adoptar medidas e implementar nuevas tecnologías que potencien las propiedades de las estructuras y que estas, a su vez, sean amigables con el planeta. El caucho es un polímero elastómero y como lo menciona Heshmat (1995) la modificación del asfalto con polímeros mejora significativamente sus propiedades, disminuyendo niveles de susceptibilidad a la temperatura, incrementando el intervalo de plasticidad, aumenta la cohesión y mejora la respuesta elástica (p.25). Y si bien, se viene adicionando, desde hace ya más de 30 años, modificadores de tipo elastómeros en las mezclas asfálticas, estos representan un alza elevada en los costos por tal razón no se ha masificado su utilización (Figuroa, Fonseca y Reyes, 2009, p.46).	
				<b>Peso Unitario</b>		
				<b>Temperatura</b>		
		<b>Propiedades físicas de la mezcla asfáltica</b>	<b>Propiedades físicas</b>	<b>Proporción de vacíos</b>		Por lo antes mencionado, implementar procedimientos que aprovechen el caucho de los neumáticos desechados, tanto para nuestra localidad como para el país representa una ventaja competitiva en el mercado local, nacional e incluso, internacional, pues es evidente los beneficios económicos que se obtendrían mientras se mejora la calidad de la carpeta asfáltica.
				<b>Densidad</b>		
		<b>Propiedades mecánicas de la mezcla asfáltica</b>	<b>Propiedades mecánicas</b>	<b>Estabilidad</b>		
<b>Flujo</b>						

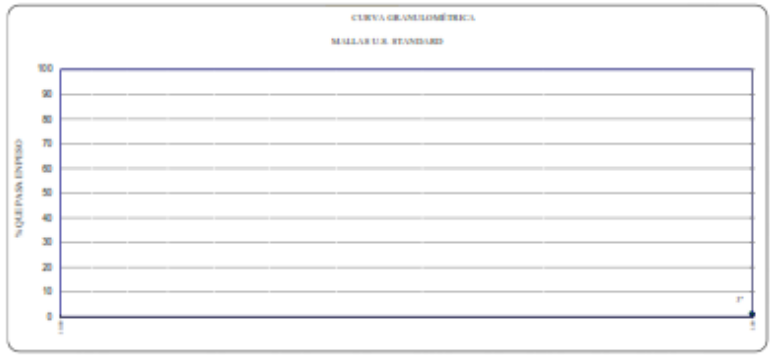
ANEXO II  
Instrumentos

# INSTRUMENTOS

**FORMATO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**  
MTC E - 204

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

Obra:									
Solicitante: Ubicación: Cantón:					Hecho Por: Ing. Responsable: Fecha:				
Tamiz	Abertura (mm)	Piedra Charcada	Arena Zaraboleada	Arena Zaraboleada	Filer	Fij	Especificaciones		Observaciones
							APM-2015 04	MAC 2	
<b>% Combinaciones</b>		42	10	48	0	100			
3"	75.000								
2 1/2"	63.000								
2"	50.000								
1 1/2"	37.500								
1"	25.000								
3/4"	18.750								
1/2"	12.500								
3/8"	9.375								
1/4"	6.250								
Nº4	4.750								
Nº5	3.350								
Nº10	2.000								% Agregado
Nº16	1.180								
Nº20	0.850								
Nº30	0.600								
Nº40	0.425								
Nº50	0.300								
Nº60	0.250								Observaciones
Nº80	0.180								
Nº100	0.150								
Nº200	0.075								
PASA									



Observaciones: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

**FORMATO DE ENSAYO MARSHALL**

MTC E-304 ASTM D-1309

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

Obra:

Solicita:

Ubicación:

Cantera:

Hecho Por:

Ing. Responsable:

Fecha:

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	
Arena Sorpresa	
Arena Zarandeada	
Filler	
Suma	
C.A. (FEN)	

Lectura del	Lectura	Flujo
patrón	calibración	(0,01 mm)

Número de Pruebas	N°					Promedio
		1	2	3	4	
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	4.50	4.50	4.50	
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%				
3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%				
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%				
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla	%				
6	% de Filler en Peso de la Mezcla	%				
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc				
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc				
9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc				
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc				
11	Peso Especifico Arena Fina-Bulk	gr/cc				
12	Peso Especifico del Filler-Aparente	gr/cc				
13	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr.				
15	Peso de la briqueta Saturada	gr.				
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr.				
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.				
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.				
19	Peso Especifico Máximo (Píca) ASTM D-2041	gr/cc.				
20	Peso Especifico Máximo (Teórico)	$100 / (1/7 + 2/8 + 3/9 + 4/10 + 5/11 + 6/12)$				
21	% de Vacíos	$100 * (19 - 18) / 19$				
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	$(2 * 3 + 4 + 5 + 6) / (2/8 + 3/9 + 4/10 + 5/11 + 6/12)$				
23	% V.M.A. Vacíos del Agregado Mineral	$100 - (2 * 3 + 4 + 5 + 6) / 18 / 22$				
24	% vacíos llenados con C.A.	$100 * (23 - 21) / 23$				
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	$(2 * 3 + 4 + 5 + 6) / (100 / 19 - 1/7)$				
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	$(100 * 7) / (25 - 22) / (25 * 22)$				
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	%				
28	Flujo	cm.				
29	Estabilidad sin corregir					
30	Factor de Estabilidad					
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg				
32	Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.				
	Número de Golpes por Capa					

OBSERVACIONES:

<b>FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS</b>	
<b>AASHTO T 245 / ASTM D 1559</b>	
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>	
Obra: Solicita: Ubicación: Cantera:	Hecho Por: Ing. Responsable: Fecha:

**Componentes:**  
 Bitumen

**Nota\***

	Identificación muestra	Und	01
1.-	Peso del material	gr.	
2.-	Peso agua + frasco	gr.	
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	
5.-	Volumen (3-4)	gr.	
	Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>	gr./cm <sup>3</sup>	



<b>FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS</b>	
<b>AASHTO T 245 / ASTM D 1559</b>	
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>	
Obra: Solicita: Ubicación: Cantero:	Hecho Por: Ing. Responsable: Fecha:

**Componentes:**  
 Bitumen

**Nota:**

	Identificación muestra	Und	01
1.-	Peso del material	gr.	
2.-	Peso agua + frasco	gr.	
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	
5.-	Volumen (3-4)	gr.	
	Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>	gr./cm <sup>3</sup>	





<b>FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS</b>	
<b>AASHTO T 245 / ASTM D 1559</b>	
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>	
Obra: Solicita: Ubicación: Cantera:	Hecho Por: Ing. Responsable: Fecha:

**Componentes:**  
 Bitumen

**Nota:**

	Identificación muestra	Und	01
1.-	Peso del material	gr.	
2.-	Peso agua + frasco	gr.	
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	
5.-	Volumen (3-4)	gr.	
	Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>	gr./cm <sup>3</sup>	



<b>FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS</b>	
<b>AASHTO T 245 / ASTM D 1559</b>	
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>	
Obra: Solicita: Ubicación: Cantero:	Hecho Por: Ing. Responsable: Fecha:

**Componentes:**  
 Bitumen

**Nota:**

	Identificación muestra	Und	01
1.-	Peso del material	gr.	
2.-	Peso agua + frasco	gr.	
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	
5.-	Volumen (3-4)	gr.	
	Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>	gr./cm <sup>3</sup>	



<b>FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS</b>	
<b>AASHTO T 245 / ASTM D 1559</b>	
<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS</b>	
Obra: Solicita: Ubicación: Cantera:	Hecho Por: Ing. Responsable: Fecha:

**Componentes:**  
 Bitumen

**Nota\***

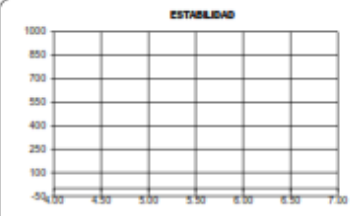
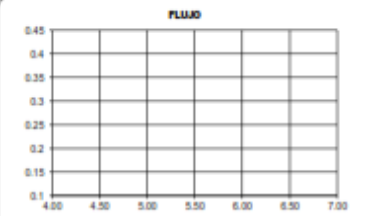
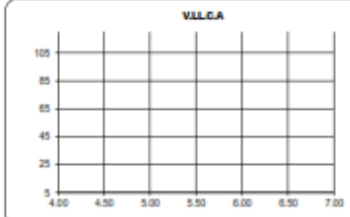
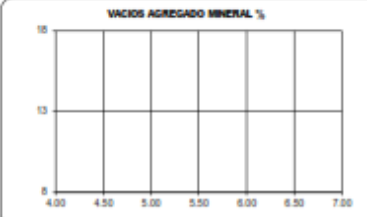
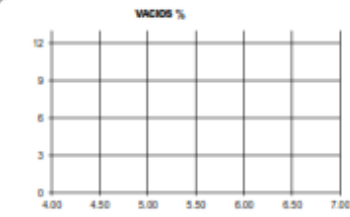
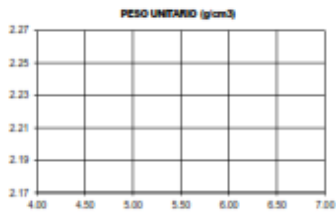
	Identificación muestra	Und	01
1.-	Peso del material	gr.	
2.-	Peso agua + frasco	gr.	
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	
5.-	Volumen (3-4)	gr.	
	Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>	gr./cm <sup>3</sup>	

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS

Obra: 0  
0

Solicitante: 0  
Ubicación: 0  
Carretera: 0



### RESUMEN DEL DISEÑO

Obra:					
Solicita:			Hecho Por:		
Ubicación:			Ing. Responsable:		
cantera:			Fecha:		

CUADRO RESUMEN CON PORCENTAJE DE C.A.					
% Cemento Asfáltico en peso	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
Peso específico Probeta					
Vacíos					
Vacíos Agregado Mineral					
Vacíos llenados con C. Asfáltico					
Flujo					
Estabilidad					
Factor de rigidez					
Estab./Fluencia					

TABLA AUXILIAR PARA EL MODO GRÁFICO	
% Cemento Asfáltico en peso	
Peso unitario Probeta	
Vacíos	
Vacíos Agregado Mineral	
Vacíos llenados con C. Asfáltico	
Flujo	
Estabilidad	
Factor de rigidez	

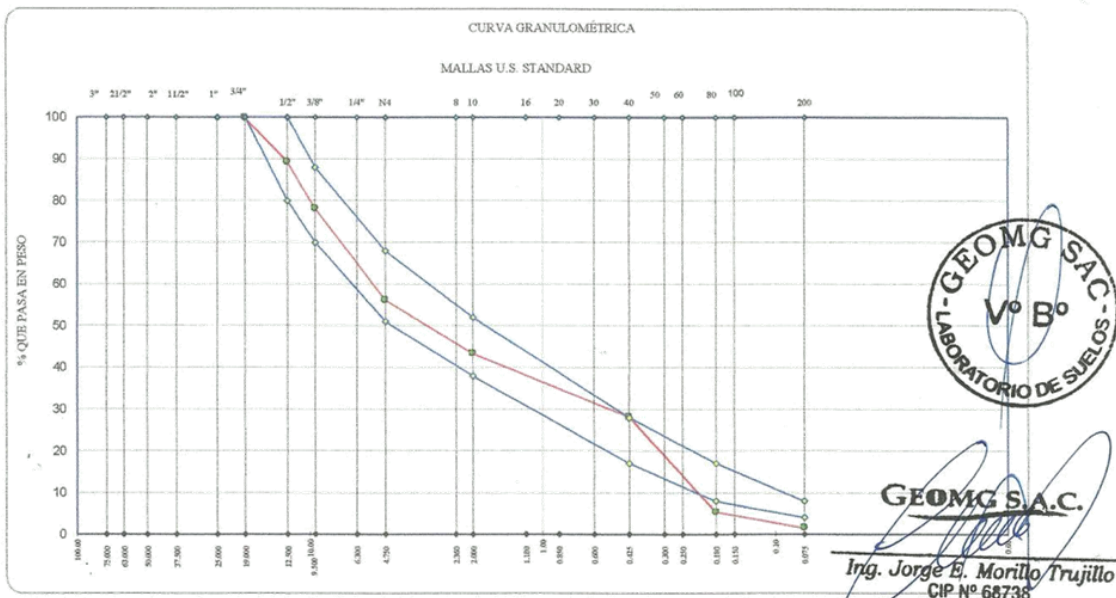
## Anexo III: Ensayos de Laboratorio

### Anexo 3.a: Diseño de Mezcla Asfáltica – Patrón (MAC-P)



INFORME N° S19-566 / 1 de 13

FORMATO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO									
MTC E - 204									
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS									
Obra: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDÁ PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019									
Solicita: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA					Hecho Por: H.L.D.				
Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH					Ing. Responsable: M.T.J.				
Cantera: GUADALUPITO					Fecha: 16/09/2019				
Tamiz	Abertura (mm)	Piedra Chancada	Arena Zarabdeada la sorpresa	Arena Zarabdeada la carbonera	Filler (%)	Especificaciones		Observaciones	
% Combinaciones		45	55	.	100	MAC - 2			
3"	75.000					MAC - 2			
2 1/2"	63.000								
2"	50.000								
1 1/2"	37.500								
1"	25.000				100.0				
3/4"	19.000	99.6	100.0		99.8	100			
1/2"	12.500	76.2	100.0		89.3	80 - 100			
3/8"	9.500	51.3	100.0		78.1	70 - 88			
1/4"	6.300								
No4	4.750	3.3	99.4		56.2	51 - 68			
No8	2.360	0.4	83.4		46.1				
No10	2.000	0.0	78.8		43.3	38 - 52		% Agregados	
No16	1.180	0.0	68.8		37.8				
No20	0.850								
No30	0.600		56.6		31.1				
No40	0.425		51.2		28.2	17 - 28			
No50	0.300		42.3		23.3				
No60	0.250								
No80	0.180		9.7		5.3	8 - 17		Observaciones	
No100	0.150		8.7		4.8				
No200	0.075		2.8		1.5	4 - 8			
PASA									



Observaciones:

---



---

INFORME N° S19-566 / 2 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO – TRAMO ÓVALO LA FAMILIA – NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Fecha:** 16/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Sorpresa	0.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 a 10 mm)
215	1075.00	475
212	1060.00	477
210	1050.00	470

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	4.00	4.00	4.00		
2 % de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	43.20	43.20	43.20		
3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	52.80	52.80	52.80		
5 % de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					
6 % de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
8 Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.857	2.857	2.857		
9 Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.					
10 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.760	2.760	2.760		
11 Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.					
12 Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.					
13 Altura Promedio de la Probeta	cm.					
14 Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1255.0	1232.7	1224.4		
15 Peso de la briqueta Saturada	gr.	1258.0	1236.4	1229.8		
16 Peso de la briqueta en el Agua	gr.	725.0	711.8	710.6		
17 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	533.0	524.6	519.2		525.6
18 Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.355	2.350	2.358		2.354
19 Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.650	2.650	2.650		
20 Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.619	2.619	2.619		
21 % de Vacios $100 \cdot ((19-18)/19)$	%	11.2	11.3	11.0		11.2
22 Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)$	gr/cc.	2.803	2.803	2.803		
23 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100 \cdot (23-21)/23$	%	19.4	19.5	19.2		19.4
24 % vacios llenados con C.A. $100 \cdot ((23-21)/23)$	%	42.4	41.9	42.7		42.3
25 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((100/19 - 1/7))$	gr/cc.	2.840	2.840	2.840		
26 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total $(100 \cdot 7) \cdot ((25-22)/(25 \cdot 22))$	%	0.47	0.47	0.47		
27 % de Asfalto Efectivo (1-26)	%	3.53	3.53	3.53		
28 Flujo	cm.	0.48	0.48	0.47		0.47
29 Estabilidad sin corregir		1075	1060	1050		
30 Factor de Estabilidad		0.96	0.96	1.00		
31 Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1032	1018	1050		1033
32 Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	2173	2133	2234		2180
Número de Golpes por Capa		50	50	50		



GEOMG S.A.C.

OBSERVACIONES:

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

INFORME N° S19-566 / 3 de 13

## FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

*Obra:* INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

*Solicita:* SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

*Hecho Por:* H.L.D.

*Ubicación:* NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

*Ing. Responsable:* M.T.J.

*Cantera:* GUADALUPITO

*Fecha:* 16/09/2019

Rice= 4.00

Identificación muestra		Und	01
1.-	Peso del material	gr.	1500.0
2.-	Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8905.0
5.-	Volumen (3-4)	gr.	566.0
Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>		gr./cm <sup>3</sup>	2.650



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



INFORME N° S19-566 / 4 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Obra: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

Solicita: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

Hecho Por: H.L.D.

Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

Ing. Responsable: M.T.J.

Cantera: GUADALUPITO

Fecha: 16/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Sorpresa	0.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 a 10 mm)
198	990.00	485
201	1005.00	466
221	1105.00	452

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	4.50	4.50	4.50		
2 % de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	42.98	42.98	42.98		
3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	52.53	52.53	52.53		
5 % de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					
6 % de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
8 Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.857	2.857	2.857		
9 Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.					
10 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.760	2.760	2.760		
11 Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.					
12 Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.					
13 Altura Promedio de la Probeta	cm.					
14 Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1215.2	1205.6	1235.6		
15 Peso de la briqueta Saturada	gr.	1220.4	1210.5	1242.3		
16 Peso de la briqueta en el Agua	gr.	715.3	705.0	721.3		
17 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	505.1	505.5	521.0		510.5
18 Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.406	2.385	2.372		2.387
19 Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.618	2.618	2.618		
20 Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.598	2.598	2.598		
21 % de Vacios	%	8.1	8.9	9.4		8.8
22 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.803	2.803	2.803		
23 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	%	18.0	18.7	19.2		18.7
24 % vacios llenados con C.A.	%	55.1	52.5	51.0		52.9
25 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.827	2.827	2.827		
26 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	%	0.31	0.31	0.31		
27 % de Asfalto Efectivo (1-26)	%	4.19	4.19	4.19		
28 Flujo	cm.	0.47	0.47	0.45		0.46
29 Estabilidad sin corregir		990	1005	1105		
30 Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.00		
31 Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1030	1045	1105		1060
32 Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	2214	2243	2445		2299
Número de Golpes por Capa		50	50	50		



OBSERVACIONES:

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738

INFORME N° S19-566 / 5 de 13

## FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO – TRAMO ÓVALO LA FAMILIA – NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Fecha:** 16/09/2019

Rice= 4.50

Identificación muestra		Und	01
1.-	Peso del material	gr.	1500.0
2.-	Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8898.0
5.-	Volumen (3-4)	gr.	573.0
Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>		gr./cm <sup>3</sup>	2.618



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



INFORME N° S19-566 / 6 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO – TRAMO ÓVALO LA FAMILIA – NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Fecha:** 16/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Sorpresa	0.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 a 10 mm)
225	1125.00	445
228	1140.00	448
230	1150.00	449

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	42.75	42.75	42.75	
3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	52.25	52.25	52.25	
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla	%				
6	% de Filler en Peso de la Mezcla	%				
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.018	1.018	1.018	
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.857	2.857	2.857	
9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.				
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.760	2.760	2.760	
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.				
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.				
13	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1181.6	1197.0	1226.4	
15	Peso de la briqueta Saturada	gr.	1187.2	1205.6	1232.2	
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr.	695.3	710.2	721.5	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	491.9	495.4	510.7	499.3
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.402	2.416	2.401	2.407
19	Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.595	2.595	2.595	
20	Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.577	2.577	2.577	
21	% de Vacios	%	7.4	6.9	7.5	7.3
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.803	2.803	2.803	
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	%	18.6	18.1	18.6	18.4
24	% vacios llenados con C.A.	%	60.0	61.9	59.9	60.6
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.826	2.826	2.826	
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	%	0.29	0.29	0.29	
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	%	4.71	4.71	4.71	
28	Flujo	cm.	0.45	0.45	0.45	0.45
29	Estabilidad sin corregir		1125	1140	1150	
30	Factor de Estabilidad		1.09	1.09	1.00	
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1226	1243	1150	1206
32	Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	2756	2774	2561	2697
	Número de Golpes por Capa		50	50	50	



GEOMG S.A.C.

OBSERVACIONES:

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

INFORME N° S19-566 / 7 de 13

## FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO – TRAMO ÓVALO LA FAMILIA – NUEVO CHIMBOTE - 2019  
**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA  
**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH  
**Cantera:** GUADALUPITO  
**Hecho Por:** H.L.D.  
**Ing. Responsable:** M.T.J.  
**Fecha:** 16/09/2019

Rice= 5.00

Identificación muestra		Und	01
1.-	Peso del material	gr.	1500.0
2.-	Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8893.0
5.-	Volumen (3-4)	gr.	578.0
Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>		gr./cm3	2.595



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



INFORME N° S19-566 / 8 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Fecha:** 16/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Sorpresa	0.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 a 10 mm)
242	1210.00	352
240	1200.00	356
241	1205.00	342

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	6.50	6.50	6.50		
2 % de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	42.53	42.53	42.53		
3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	51.98	51.98	51.98		
5 % de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					
6 % de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
8 Peso Especifico Piedra Chancada-Bullk	gr/cc.	2.857	2.857	2.857		
9 Peso Especifico Arena Chancada-Bullk	gr/cc.					
10 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bullk	gr/cc.	2.760	2.760	2.760		
11 Peso Especifico Arena Fina -Bullk	gr/cc.					
12 Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.					
13 Altura Promedio de la Probeta	cm.					
14 Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1215.3	1241.3	1240.4		
15 Peso de la briqueta Saturada	gr.	1220.0	1242.8	1241.7		
16 Peso de la briqueta en el Agua	gr.	712.5	722.3	725.3		
17 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	507.5	520.5	516.4		514.8
18 Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.395	2.385	2.402		2.394
19 Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.560	2.560	2.560		
20 Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.556	2.556	2.556		
21 % de Vacios	%	6.4	6.8	6.2		6.5
22 Peso Especifico Bullk del Agregado Total	gr/cc.	2.803	2.803	2.803		
23 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	%	19.3	19.6	19.0		19.3
24 % vacios llenados con C.A.	%	66.5	65.1	67.6		66.4
25 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.807	2.807	2.807		
26 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	%	0.06	0.06	0.06		
27 % de Asfalto Efectivo (1-26)	%	5.44	5.44	5.44		
28 Flujo	cm.	0.35	0.36	0.34		0.35
29 Estabilidad sin corregir		1210	1200	1205		
30 Factor de Estabilidad		1.04	1.00	1.00		
31 Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1258	1200	1205		1221
32 Factor de Rígidez (29/26)	kg/cm.	3575	3371	3523		3489
Número de Golpes por Capa		50	50	50		



OBSERVACIONES:

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



INFORME N° S19-566 / 9 de 13

## FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO – TRAMO ÓVALO LA FAMILIA – NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Fecha:** 16/09/2019

Rice= 5.50

Identificación muestra		Und	01
1.-	Peso del material	gr.	1500.0
2.-	Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8885.0
5.-	Volumen (3-4)	gr.	586.0
Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>		gr./cm <sup>3</sup>	2.560



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

INFORME N° S19-566 / 10 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO – TRAMO ÓVALO LA FAMILIA – NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Fecha:** 16/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Sorpresa	0.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 a 10mm)
230	1150.00	356
225	1125.00	354
224	1120.00	359

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00		
2 %de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	42.30	42.30	42.30		
3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	51.70	51.70	51.70		
5 % de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					
6 % de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
8 Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.358	2.358	2.358		
9 Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.					
10 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.857	2.857	2.857		
11 Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.					
12 Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.					
13 Altura Promedio de la Probeta	cm.					
14 Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1210.5	1214.2	1230.1		
15 Peso de la briqueta Saturada	gr.	1215.9	1218.2	1232.5		
16 Peso de la briqueta en el Agua	gr.	703.2	702.0	710.0		
17 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	512.7	516.2	522.5		517.1
18 Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.361	2.352	2.354		2.356
19 Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.435	2.435	2.435		
20 Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.385	2.385	2.385		
21 % de Vacios	%	3.0	3.4	3.3		3.3
22 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.609	2.609	2.609		
23 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	%	14.9	15.2	15.2		15.1
24 % vacios llenados con C.A.	%	79.6	77.7	78.1		78.5
25 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.673	2.673	2.673		
26 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	%	0.93	0.93	0.93		
27 % de Asfalto Efectivo (1-26)	%	5.07	5.07	5.07		
28 Flujo	cm.	0.36	0.35	0.36		0.36
29 Estabilidad sin corregir		1150	1125	1120		
30 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
31 Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1150	1125	1120		1132
32 Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	3230	3178	3120		3176
Número de Golpes por Capa		50	50	50		



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

OBSERVACIONES:

INFORME N° S19-566 / 11 de 13

## FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Fecha:** 16/09/2019

Rice= 6.00

	Identificación muestra	Und	01
1.-	Peso del material	gr.	1500.0
2.-	Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8855.0
5.-	Volumen (3-4)	gr.	616.0
	Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>	gr./cm <sup>3</sup>	2.435



GEOMG S.A.C.  
*Jorge E. Morillo Trujillo*  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



INFORME N° S19-566 / 12 de 13

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

**PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS**

Obra: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

Solicita: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

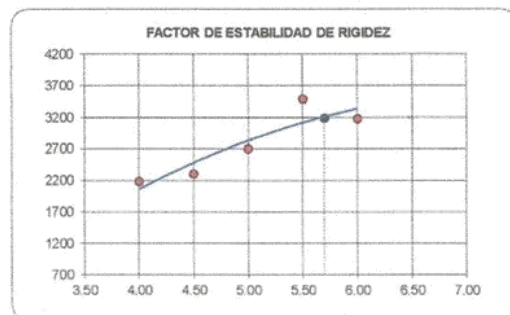
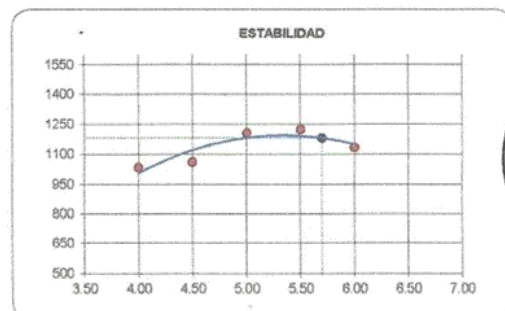
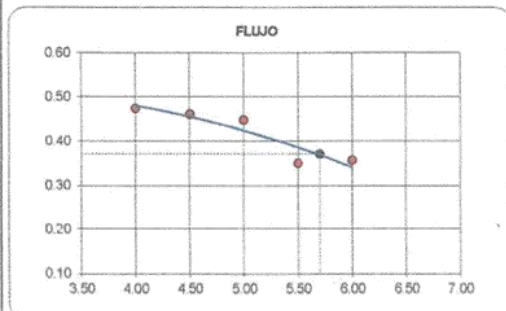
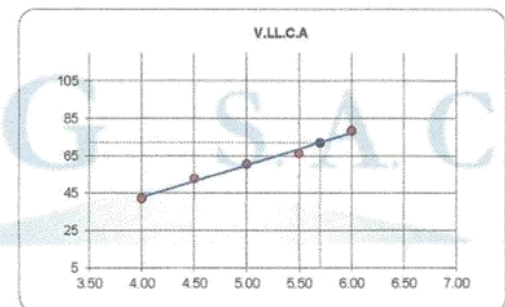
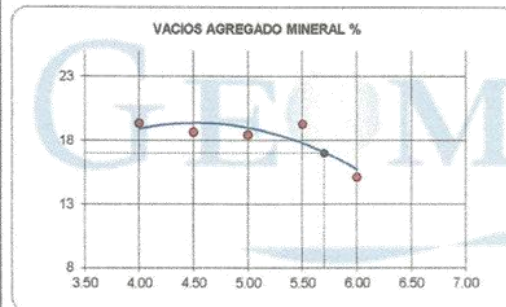
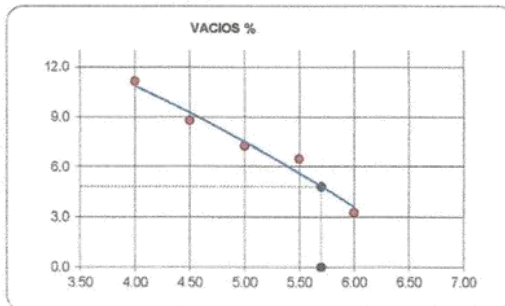
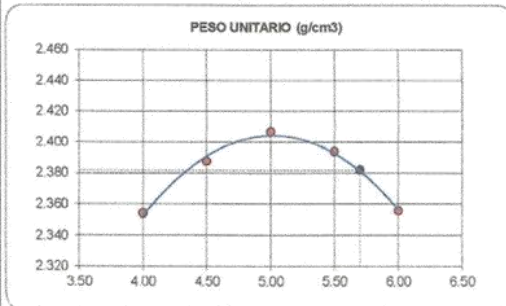
Hecho Por: H.L.D.

Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

Ing. Responsable: M.T.J.

Cantera: GUADALUPITO

Fecha: 16/09/2019



**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738

INFORME N° S19-566 / 13 de 13

## RESUMEN DEL DISEÑO

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**cantera:** GUADALUPITO

**Fecha:** 16/09/2019

### CUADRO RESUMEN CON PORCENTAJE DE C.A.

	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
% Cemento Asfáltico en peso	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
Peso específico Probeta	2.354	2.387	2.407	2.394	2.356
Vacios	11.2	8.8	7.3	6.5	3.3
Vacios Agregado Mineral	19.37	18.65	18.43	19.29	15.11
Vacios llenados con C. Asfáltico	42.33	52.87	60.59	66.42	78.47
Flujo	0.47	0.46	0.45	0.35	0.36
Estabilidad	1033	1060	1206	1221	1132
Factor de rigidez	2180	2299	2697	3489	3176
Estab./Fluencia	2180	2299	2697	3489	3176

### TABLA AUXILIAR PARA EL MODO GRÁFICO

% Cemento Asfáltico en peso	5.70
Peso unitario Probeta	2.382
Vacios	4.80
Vacios Agregado Mineral	17.00
Vacios llenados con C. Asfáltico	72.00
Flujo	0.37
Estabilidad	1180
Factor de rigidez	3188



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

Anexo 3.b: Diseño de Mezcla Asfáltica –  
Adición 16% de Caucho (MAC-16)



INFORME N° S19-567 / 1 de 13

**FORMATO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO**

MTC E - 204

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

Obra: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

Solicita: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

Hecho Por: H.L.D.

Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

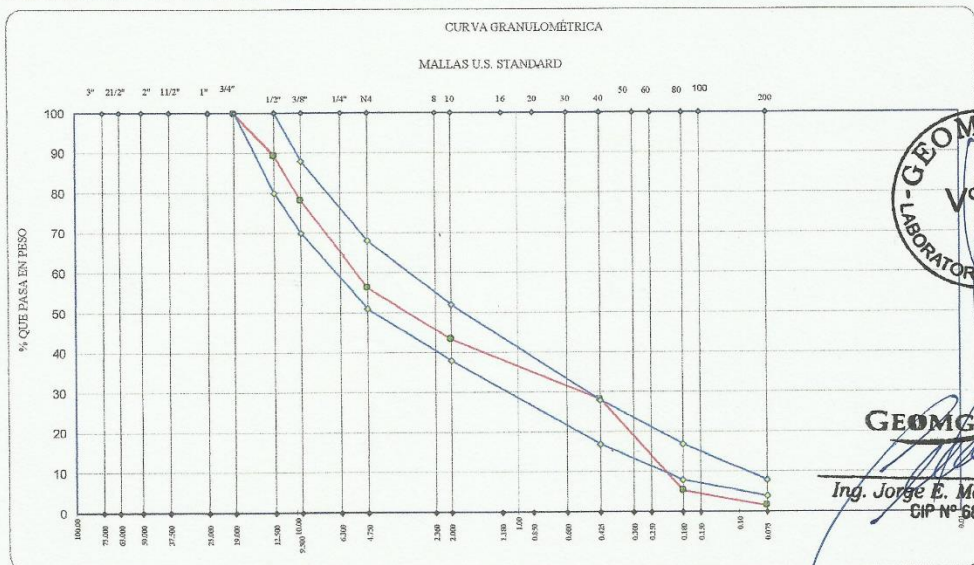
Ing. Responsable: M.T.J.

Cantera: GUADALUPITO

Adherencia : 16% (Caucho Triturado)

Fecha: 18/09/2019

Tamiz	Abertura (mm)	Piedra Chancada	Arena Zarabdeada la sorpresa	Arena Zarabdeada la carbonera	Filler	Filler (%)	Especificaciones		Observaciones
							MAC - 2		
% Combinaciones		45	55			100			
3"	75.000							MAC - 2	
2 1/2"	63.000								
2"	50.000								
1 1/2"	37.500								
1"	25.000					100.0			
3/4"	19.000	99.6	100.0			99.8	100		
1/2"	12.500	76.2	100.0			89.3	80 - 100		
3/8"	9.500	51.3	100.0			78.1	70 - 88		
1/4"	6.300								
No4	4.750	3.3	99.4			56.2	51 - 68		
No8	2.380	0.4	83.4			46.1			
No10	2.000	0.0	78.8			43.3	38 - 52		% Agregados
No16	1.180	0.0	68.8			37.8			
No20	0.850								
No30	0.600		56.6			31.1			
No40	0.425		51.2			28.2	17 - 28		
No50	0.300		42.3			23.3			
No60	0.250								Observaciones
No80	0.180		9.7			5.3	8 - 17		
No100	0.150		8.7			4.8			
No200	0.075		2.8			1.5	4 - 8		
PASA									



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 58738

Observaciones:

---



---



INFORME N° S19-567 / 2 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Obra: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO – TRAMO ÓVALO LA FAMILIA – NUEVO CHIMBOTE - 2019

Solicita: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

Hecho Por: H.L.D.

Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

Ing. Responsable: M.T.J.

Cantera: GUADALUPITO

Adherencia: 16% (Caucho Triturado)

Fecha: 18/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Sorpresa	0.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0.01 - 10mm)
190	950.00	480
192	980.00	482
195	975.00	483

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	4.00	4.00	4.00		
2 % de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	43.20	43.20	43.20		
3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	52.80	52.80	52.80		
5 % de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					
6 % de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
8 Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.857	2.857	2.857		
9 Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.					
10 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.760	2.760	2.760		
11 Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.					
12 Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.					
13 Altura Promedio de la Probeta	cm.					
14 Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1235.2	1238.5	1237.2		
15 Peso de la briqueta Saturada	gr.	1238.5	1242.2	1241.8		
16 Peso de la briqueta en el Agua	gr.	700.0	703.2	706.8		
17 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	538.5	539.0	534.8		537.4
18 Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.284	2.298	2.313		2.302
19 Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.627	2.627	2.627		
20 Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.619	2.619	2.619		
21 % de Vacios	%	12.7	12.5	11.9		12.4
22 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.803	2.803	2.803		
23 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	%	21.4	21.3	20.8		21.2
24 % vacios llenados con C.A.	%	40.8	41.2	42.5		41.5
25 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.812	2.812	2.812		
26 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	%	0.12	0.12	0.12		
27 % de Asfalto Efectivo (1-26)	%	3.88	3.88	3.88		
28 Flujo	cm.	0.48	0.48	0.48		0.48
29 Estabilidad sin corregir		950	960	975		
30 Factor de Estabilidad		0.93	0.93	0.86		
31 Estabilidad corregida (27*28)	kg.	884	893	936		904
32 Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	1841	1852	1938		1877
Número de Golpes por Capa		50	50	50		



OBSERVACIONES:

GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



INFORME N° S19-567 / 3 de 13

## FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Obra: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

Solicitada: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

Hecho Por: H.L.D.

Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

Ing. Responsable: M.T.J.

Cantera: GUADALUPITO

Adherencia: 16% (Caucho Triturado)

Fecha: 18/09/2019

Rice= 4.00

Identificación muestra		Und	01
1.-	Peso del material	gr.	1500.0
2.-	Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8900.0
5.-	Volumen (3-4)	gr.	571.0
Peso Especifico Maximo MAC, g/cm³		gr./cm3	2.627



S.A.C.

GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIF N° 68738

INFORME N° S19-567 / 4 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Obra: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

Solicitante: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

Hecho Por: H.L.D.

Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

Ing. Responsable: M.T.J.

Cantera: GUADALUPITO

Adherencia: 16% (Caucho Triturado)

Fecha: 18/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Sorpresa	0.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0.01 - 10mm)
202	1010.00	471
215	1075.00	466
210	1050.00	468

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	4.50	4.50	4.50		
2 % de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	42.98	42.98	42.98		
3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	52.53	52.53	52.53		
5 % de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					
6 % de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
8 Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.857	2.857	2.857		
9 Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.					
10 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.760	2.760	2.760		
11 Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.					
12 Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.					
13 Altura Promedio de la Probeta	cm.					
14 Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1220.3	1222.3	1225.6		
15 Peso de la briqueta Saturada	gr.	1224.3	1226.2	1228.4		
16 Peso de la briqueta en el Agua	gr.	702.0	700.0	701.0		
17 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	522.3	526.2	527.4		525.3
18 Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.336	2.323	2.324		2.328
19 Peso Especifico Máximo (Rico) ASTM D-2041	gr/cc.	2.604	2.604	2.604		
20 Peso Especifico Máximo (Teórico) $100 \cdot ((1/7+2/8+3/9+4/10+5/11+6/12))$	gr/cc.	2.598	2.598	2.598		
21 % de Vacios $100 \cdot ((19-18)/19)$	%	10.3	10.8	10.8		10.6
22 Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6) / ((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12))$	gr/cc.	2.803	2.803	2.803		
23 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100 \cdot ((23-21)/23)$	%	20.4	20.9	20.8		20.7
24 % vacios llenados con C.A. $100 \cdot ((23-21)/23)$	%	49.6	48.2	48.3		48.7
25 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5+6) \cdot ((100/19 - 1/7))$	gr/cc.	2.811	2.811	2.811		
26 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total $(100 \cdot 7) \cdot ((25-22)/(25 \cdot 22))$	%	0.10	0.10	0.10		
27 % de Asfalto Efectivo (1-26)	%	4.40	4.40	4.40		
28 Flujo	cm.	0.47	0.47	0.47		0.47
29 Estabilidad sin corregir		1010	1075	1050		
30 Factor de Estabilidad		1.00	0.96	0.96		
31 Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1010	1032	1008		1017
32 Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	2144	2215	2154		2171
Número de Golpes por Capa		50	50	50		



OBSERVACIONES:

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

INFORME N° S19-567/5 de 13

## FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO – TRAMO ÓVALO LA FAMILIA – NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Adherencia:** 16% (Caucho Triturado)

**Fecha:** 18/09/2019

Rice= 4.60

Identificación muestra		Und	01
1.-	Peso del material	gr.	1500.0
2.-	Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8895.0
5.-	Volumen (3-4)	gr.	576.0
Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>		gr./cm <sup>3</sup>	2.604



GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



INFORME N° S19-567 / 6 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Obra: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO – TRAMO ÓVALO LA FAMILIA – NUEVO CHIMBOTE - 2019

Solicita: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

Hecho Por: H.L.D.

Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

Ing. Responsable: M.T.J.

Cantera: GUADALUPITO

Adherencia: 16% (Caucho Triturado)

Fecha: 18/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Sorpresa	0.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 - 10mm)
215	1075.00	385
200	1000.00	375
216	1080.00	389

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	5.00	5.00	5.00		
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	42.75	42.75	42.75		
3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	0.00	0.00	0.00		
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	52.25	52.25	52.25		
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla					
6	% de Filler en Peso de la Mezcla					
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc. 1.018	1.018	1.018		
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc. 2.857	2.857	2.857		
9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.				
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc. 2.760	2.760	2.760		
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.				
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.				
13	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
14	Peso de la briqueeta en el Aire	gr. 1210.2	1212.3	1212.5		
15	Peso de la briqueeta Saturada	gr. 1213.5	1215.4	1216.5		
16	Peso de la briqueeta en el Agua	gr. 705.1	704.5	705.0		
17	Volumen de la briqueeta por desplazamiento (15-16)	c.c. 508.4	510.9	511.5		510.3
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc. 2.380	2.373	2.370		2.375
19	Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc. 2.582	2.582	2.582		
20	Peso Especifico Máximo (Teórico) $100/((1/7+2/8+3/9+4/10+5/11+6/12))$	gr/cc. 2.577	2.577	2.577		
21	% de Vacios $100*((19-18)/19)$	% 7.8	8.1	8.2		8.0
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12))$	gr/cc. 2.803	2.803	2.803		
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100-(2+3+4+5+6)*18/22$	% 19.3	19.6	19.7		19.5
24	% vacios llenados con C.A. $100*((23-21)/23)$	% 59.6	58.7	58.4		58.9
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((100/19-1/7))$	gr/cc. 2.809	2.809	2.809		
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total $(100*7)/((25-22)/(25*22))$	% 0.08	0.08	0.08		
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	% 4.92	4.92	4.92		
28	Flujo	cm. 0.39	0.38	0.39		0.38
29	Estabilidad sin corregir	1075	1000	1080		
30	Factor de Estabilidad	1.04	1.00	1.00		
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg. 1118	1000	1080		1086
32	Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm. 2904	2667	2776		2783
	Número de Golpes por Capa	50	50	50		

OBSERVACIONES:

GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

INFORME N° S19-567 / 7 de 13

## FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO – TRAMO ÓVALO LA FAMILIA – NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Adherencia:** 16% (Caucho Triturado)

**Fecha:** 18/09/2019

Rice= 5.00

Identificación muestra		Und	01
1.-	Peso del material	gr.	1500.0
2.-	Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8890.0
5.-	Volumen (3-4)	gr.	581.0
Peso Especifico Maximo MAC, g/cm³		gr./cm3	2.582



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



INFORME N° S19-567 / 8 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Obra: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO – TRAMO ÓVALO LA FAMILIA – NUEVO CHIMBOTE - 2019

Solicita: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

Hecho Por: H.L.D.

Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

Ing. Responsable: M.T.J.

Cantera: GUADALUPITO

Adherencia: 16% (Caucho Triturado)

Fecha: 18/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Sorpresa	0.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0.01 - 10mm)
210	1050.00	380
215	1075.00	381
212	1060.00	375

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	6.50	6.50	6.50		
2 % de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	42.53	42.53	42.53		
3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	51.98	51.98	51.98		
5 % de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					
6 % de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
8 Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.857	2.857	2.857		
9 Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.					
10 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.760	2.760	2.760		
11 Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.					
12 Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.					
13 Altura Promedio de la Probeta	cm.					
14 Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1221.3	1223.2	1224.2		
15 Peso de la briqueta Saturada	gr.	1225.6	1226.8	1229.2		
16 Peso de la briqueta en el Agua	gr.	712.5	713.2	715.0		
17 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	513.1	513.6	514.2		513.6
18 Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.380	2.382	2.381		2.381
19 Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.560	2.560	2.560		
20 Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.556	2.556	2.556		
21 % de Vacios	%	7.0	7.0	7.0		7.0
22 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.803	2.803	2.803		
23 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	%	19.7	19.7	19.7		19.7
24 % vacios llenados con C.A.	%	64.5	64.7	64.6		64.6
25 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.807	2.807	2.807		
26 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	%	0.06	0.06	0.06		
27 % de Asfalto Efectivo (1-26)	%	5.44	5.44	5.44		
28 Flujo	cm.	0.38	0.38	0.38		0.38
29 Estabilidad sin corregir		1050	1075	1060		
30 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
31 Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1050	1075	1060		1062
32 Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	2763	2822	2827		2804
Número de Golpes por Capa		50	50	50		



OBSERVACIONES:

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738

INFORME N° S19-567 / 9 de 13

## FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

*Obra:* INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

*Solicita:* SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

*Hecho Por:* H.L.D.

*Ubicación:* NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

*Ing. Responsable:* M.T.J.

*Cantera:* GUADALUPITO

*Adherencia:* 16% (Caucho Triturado)

*Fecha:* 18/09/2019

Rice= 5.50

	Identificación muestra	Und	01
1.-	Peso del material	gr.	1500.0
2.-	Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8885.0
5.-	Volumen (3-4)	gr./cm <sup>3</sup>	586.0
	Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>	gr./cm <sup>3</sup>	2.560



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



INFORME N° S19-567 / 10 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicitante:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Adherencia:** 16% (Caucho Trituradoo)

**Fecha:** 18/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO		Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 - 10mm)			
Piedra Chancada	45.0%	200	1000.00	362			
Arena Sorpresa	0.0%	195	975.00	361			
Arena Zarandeada	55.0%	196	980.00	360			
Filler	0.0%						
Σ Suma	100.0%						
C.A. (PEN)	60-70						

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00		
2 %de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	42.30	42.30	42.30		
3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	51.70	51.70	51.70		
5 % de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					
6 % de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
8 Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.358	2.358	2.358		
9 Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.					
10 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.857	2.857	2.857		
11 Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.					
12 Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.					
13 Altura Promedio de la Probeta	cm.					
14 Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1215.6	1216.5	1217.5		
15 Peso de la briqueta Saturada	gr.	1218.9	1219.5	1220.3		
16 Peso de la briqueta en el Agua	gr.	700.1	698.9	700.0		
17 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	518.8	520.6	520.3		519.9
18 Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.343	2.337	2.340		2.340
19 Peso Especifico Máximo (Rico) ASTM D-2041	gr/cc.	2.475	2.475	2.475		
20 Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.385	2.385	2.385		
21 % de Vacios	%	5.3	5.6	5.5		5.5
22 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.609	2.609	2.609		
23 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	%	15.6	15.8	15.7		15.7
24 % vacios llenados con C.A.	%	65.7	64.6	65.1		65.1
25 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.724	2.724	2.724		
26 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	%	1.66	1.66	1.66		
27 % de Asfalto Efectivo (1-26)	%	4.34	4.34	4.34		
28 Flujo	cm.	0.36	0.36	0.36		0.36
29 Estabilidad sin corregir		1000	975	980		
30 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
31 Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1000	975	980		985
32 Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	2762	2701	2732		2729
Número de Golpes por Capa		50				



**GEOMG S.A.C.**

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

OBSERVACIONES:



INFORME N° SI9-567 / 11 de 13

**FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS  
ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS**

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

*Obra:* INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

*Solicita:* SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

*Hecho Por:* H.L.D.

*Ubicación:* NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

*Ing. Responsable:* M.T.J.

*Cantera:* GUADALUPITO

*Adherencia:* 16% (Caucho Triturado)

*Fecha:* 18/09/2019

Rice= 6.00

Identificación muestra	Und	01
1.- Peso del material	gr.	1500.0
2.- Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.- Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.- Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8865.0
5.- Volumen (3-4)	gr.	606.0
Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>	gr./cm <sup>3</sup>	2.475



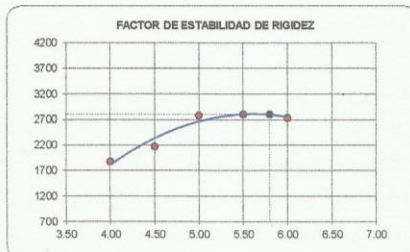
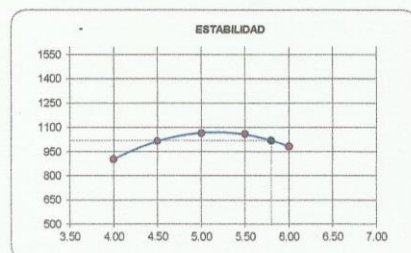
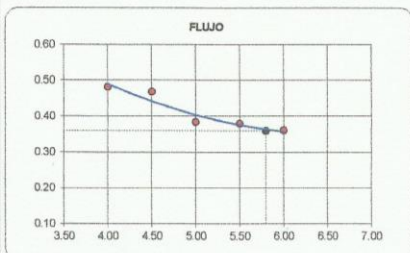
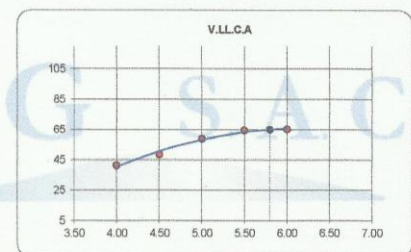
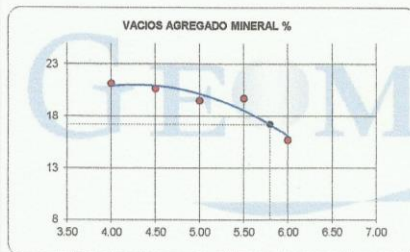
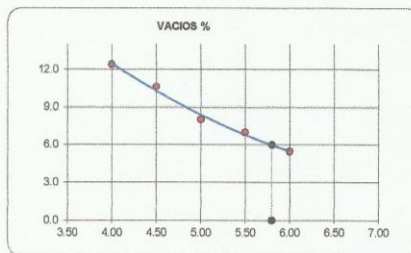
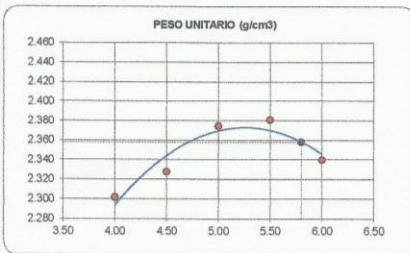
**GEOMG S.A.C.**  
  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738

INFORME N° S19-567 / 12 de 13

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

**PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS**

Obra: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019  
 Solicita: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA Hecho Por: H.L.D.  
 Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH Ing. Responsable: M.T.J.  
 Cantera: GUADALUPITO Adherencia: 16% (Caucho Triturado) Fecha: 18/09/2019



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738

INFORME N° S19-567 / 13 de 13

## RESUMEN DEL DISEÑO

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO – TRAMO ÓVALO LA FAMILIA – NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**cantera:** GUADALUPITO

**Adherencia:** 16% (Caucho Triturado)

**Fecha:** 18/09/2019

### CUADRO RESUMEN CON PORCENTAJE DE C.A.

% Cemento Asfáltico en peso	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
Peso específico Probeta	2.302	2.328	2.375	2.381	2.340
Vacios	12.4	10.6	8.0	7.0	5.5
Vacios Agregado Mineral	21.17	20.69	19.51	19.73	15.68
Vacios llenados con C. Asfáltico	41.50	48.69	58.88	64.58	65.14
Flujo	0.48	0.47	0.38	0.38	0.38
Estabilidad	904	1017	1066	1062	985
Factor de rigidez	1877	2171	2783	2804	2729
Estab./Fluencia	1877	2171	2783	2804	2729

### TABLA AUXILIAR PARA EL MODO GRÁFICO

% Cemento Asfáltico en peso	5.00
Peso unitario Probeta	2.358
Vacios	6.00
Vacios Agregado Mineral	17.20
Vacios llenados con C. Asfáltico	65.00
Flujo	0.38
Estabilidad	1020
Factor de rigidez	2800



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

Anexo 3.c: Diseño de Mezcla Asfáltica –  
Adición 18% de Caucho (MAC-18)



INFORME N° S19-568 / 1 de 13

## FORMATO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E - 204

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Obra: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

Solicita: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

Hecho Por: H.L.D.

Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

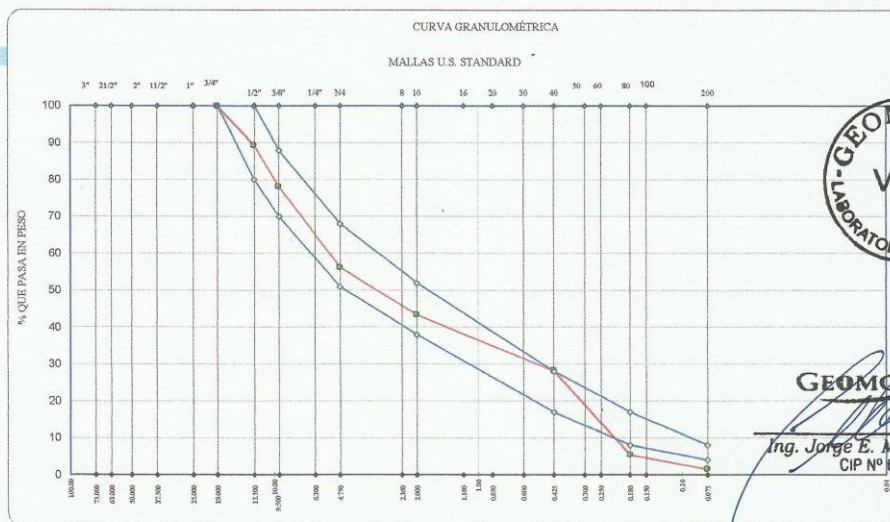
Ing. Responsable: M.T.J.

Cantera: GUADALUPITO

Adherencia : 18% (Caucho Triturado)

Fecha: 21/09/2019

Tamiz	Abertura (mm)	Piedra Chancada	Arena Zarandeada la sorpresa	Arena Zarandeada la carbonera	Filler	%	Especificaciones		Observaciones
							MAC-2		
% Combinaciones		45	55			100			
3"	75.000						MAC-2		
2 1/2"	63.000								
2"	50.000								
1 1/2"	37.500								
1"	25.000					100.0			
3/4"	19.000	99.6	100.0			99.8	100		
1/2"	12.500	76.2	100.0			89.3	80 - 100		
3/8"	9.500	51.3	100.0			78.1	70 - 88		
1/4"	6.300								
No4	4.750	3.3	99.4			56.2	51 - 68		
No8	2.360	0.4	83.4			46.1			
No10	2.000	0.0	78.8			43.3	38 - 52		% Agregados
No16	1.180	0.0	68.8			37.8			
No20	0.850								
No30	0.600		56.6			31.1			
No40	0.425		51.2			28.2	17 - 28		
No50	0.300		42.3			23.3			
No60	0.250								Observaciones
No80	0.180		9.7			5.3	8 - 17		
No100	0.150		8.7			4.8			
No200	0.075		2.8			1.5	4 - 8		
PASA									



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68736

INFORME N° S19-568 / 2 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Adherencia:** 18% (Caucho Triturado)

**Fecha:** 21/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Sorpresa	0.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 a 10mm)
210	1050.00	485
212	1060.00	482
210	1050.00	490

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	4.00	4.00	4.00		
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	43.20	43.20	43.20		
3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	0.00	0.00	0.00		
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	52.80	52.80	52.80		
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla					
6	% de Filler en Peso de la Mezcla					
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc. 1.018	1.018	1.018		
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc. 2.857	2.857	2.857		
9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.				
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc. 2.780	2.780	2.780		
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.				
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.				
13	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr. 1223.2	1224.8	1220.3		
15	Peso de la briqueta Saturada	gr. 1220.1	1220.3	1215.6		
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr. 692.0	690.0	690.0		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c. 528.1	530.3	525.6		528.0
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc. 2.316	2.310	2.322		2.316
19	Peso Especifico Máximo (Rica) ASTM D-2041	gr/cc. 2.641	2.641	2.641		
20	Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc. 2.619	2.619	2.619		
21	% de Vacios $100 \cdot ((19-18)/19)$	% 12.3	12.5	12.1		12.3
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/(2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)$	gr/cc. 2.803	2.803	2.803		
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100 \cdot (2+3+4+5+6) \cdot 18/22$	% 20.7	20.9	20.5		20.7
24	% vacios llenados con C.A. $100 \cdot ((23-21)/23)$	% 40.5	40.0	41.0		40.5
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((100/19 - 1/7))$	gr/cc. 2.829	2.829	2.829		
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total $(100 \cdot 7) \cdot ((25-22)/(25 \cdot 22))$	% 0.33	0.33	0.33		
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	% 3.67	3.67	3.67		
28	Flujo	cm. 0.49	0.49	0.49		0.49
29	Estabilidad sin corregir	1050	1060	1050		
30	Factor de Estabilidad	0.96	0.96	0.96		
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg. 1008	1018	1008		1011
32	Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm. 2078	2068	2057		2068
	Número de Golpes por Capa	50	50	50		



OBSERVACIONES:

GEOMG S.A.C.  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

INFORME N° S19-568 / 3 de 13

## FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Adherencia:** 18% (Caucho Triturado)

**Fecha:** 21/09/2019

Rice= 4.00

Identificación muestra	Und	01
1.- Peso del material	gr.	1500.0
2.- Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.- Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.- Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8903.0
5.- Volumen (3-4)	gr.	568.0
Peso Especifico Maximo MAC, g/cm³	gr./cm3	2.641



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



INFORME N° S19-568 / 4 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Adherencia:** 18% (Caucho Triturado)

**Fecha:** 21/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Sorpresa	0.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0.01 a 10mm)
216	1080.00	475
218	1090.00	470
220	1100.00	472

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	4.50	4.50	4.50		
2 % de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	42.98	42.98	42.98		
3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	52.53	52.53	52.53		
5 % de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					
6 % de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
8 Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.857	2.857	2.857		
9 Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.					
10 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.760	2.760	2.760		
11 Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.					
12 Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.					
13 Altura Promedio de la Probeta	cm.					
14 Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1221.4	1224.5	1220.5		
15 Peso de la briqueta Saturada	gr.	1218.5	1220.1	1215.5		
16 Peso de la briqueta en el Agua	gr.	695.0	696.5	694.0		
17 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	523.5	523.6	521.5		522.9
18 Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.333	2.339	2.340		2.337
19 Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.622	2.622	2.622		
20 Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.598	2.598	2.598		
21 % de Vacíos	%	11.0	10.8	10.8		10.9
22 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.803	2.803	2.803		
23 % V.M.A. Vacíos del Agregado Mineral	%	20.5	20.3	20.3		20.4
24 % vacíos llenados con C.A.	%	46.2	46.7	46.9		46.6
25 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.833	2.833	2.833		
26 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	%	0.38	0.38	0.38		
27 % de Asfalto Efectivo (1-26)	%	4.12	4.12	4.12		
28 Flujo	cm.	0.48	0.47	0.47		0.47
29 Estabilidad sin corregir		1080	1090	1100		
30 Factor de Estabilidad		0.98	0.98	1.00		
31 Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1037	1046	1100		1061
32 Factor de Rigidez (29/28)	kg/cm.	2183	2226	2331		2246
Número de Golpes por Capa		50	50	50		



OBSERVACIONES:

**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738



INFORME N° S19-568 / 5 de 13

## FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Obra: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

Solicita: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

Hecho Por: H.L.D.

Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

Ing. Responsable: M.T.J.

Cantera: GUADALUPITO

Adherencia: 18% (Caucho Triturado)

Fecha: 21/09/2019

Rice= 4.50

Identificación muestra		Und	01
1.-	Peso del material	gr.	1500.0
2.-	Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8899.0
5.-	Volumen (3-4)	gr.	572.0
Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>		gr./cm <sup>3</sup>	2.822



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

INFORME N° S19-568 / 6 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Adherencia:** 18% (Caucho Triturado)

**Fecha:** 21/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Sorpresa	0.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Filler	0.0%
∑ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0.01 a 10mm)
222	1110.00	415
220	1100.00	419
226	1130.00	420

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	5.00	
2 % de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	42.75	42.75	42.75	42.75	
3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	52.25	52.25	52.25	52.25	
5 % de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					
6 % de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.018	1.018	1.018	1.018	
8 Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.857	2.857	2.857	2.857	
9 Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.					
10 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.760	2.760	2.760	2.760	
11 Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.					
12 Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.					
13 Altura Promedio de la Probeta	- cm.					
14 Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1215.6	1218.5	1216.4	1216.4	
15 Peso de la briqueta Saturada	gr.	1212.3	1214.5	1212.4	1212.4	
16 Peso de la briqueta en el Agua	gr.	698.1	698.0	697.4	697.4	
17 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	514.2	516.5	515.0	515.2	
18 Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.364	2.359	2.362	2.362	
19 Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.604	2.604	2.604	2.604	
20 Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.577	2.577	2.577	2.577	
21 % de Vacios	%	9.2	9.4	9.3	9.3	
22 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.803	2.803	2.803	2.803	
23 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	%	19.9	20.0	19.9	19.9	
24 % vacios llenados con C.A.	%	53.6	53.0	53.4	53.3	
25 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.837	2.837	2.837	2.837	
26 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	%	0.44	0.44	0.44	0.44	
27 % de Asfalto Efectivo (1-26)	%	4.56	4.56	4.56	4.56	
28 Flujo	cm.	0.42	0.42	0.42	0.42	
29 Estabilidad sin corregir		1110	1100	1130	1113	
30 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	1.00	
31 Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1110	1100	1130	1113	
32 Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	2675	2625	2690	2663	
Número de Golpes por Capa		50	50	50	50	



OBSERVACIONES:

GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

INFORME N° S19-568 / 7 de 13

## FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019  
**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA  
**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH  
**Cantera:** GUADALUPITO  
**Adherencia:** 18% (Caucho Triturado)

**Hecho Por:** H.L.D.  
**Ing. Responsable:** M.T.J.  
**Fecha:** 21/09/2019

Rice= 5.00

Identificación muestra	Und	01
1.- Peso del material	gr.	1500.0
2.- Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.- Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.- Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8895.0
5.- Volumen (3-4)	gr.	576.0
Peso Especifico Máximo MAC, g/cm <sup>3</sup>	gr./cm <sup>3</sup>	2.604



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



INFORME N° S19-568 / 8 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Obra: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

Solicita: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

Hecho Por: H.L.D.

Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

Ing. Responsable: M.T.J.

Cantera: GUADALUPITO

Adherencia: 18% (Caucho Triturado)

Fecha: 21/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Sorpresa	0.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0.01 a 10mm)
220	1100.00	400
218	1090.00	405
219	1095.00	402

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio	
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	5.50	5.50	5.50		
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	42.53	42.53	42.53		
3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	51.98	51.98	51.98		
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					
6	% de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.857	2.857	2.857		
9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.					
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.760	2.760	2.760		
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.					
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.					
13	Altura Promedio de la Probeta	cm.					
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1220.5	1224.5	1223.5		
15	Peso de la briqueta Saturada	gr.	1216.5	1220.5	1218.5		
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr.	701.5	704.2	704.2		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	515.0	516.3	514.3	515.2	
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.370	2.372	2.379	2.374	
19	Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.573	2.573	2.573		
20	Peso Especifico Máximo (Teórico)	$100((1/7+2/8+3/9+4/10+5/11+6/12))$	gr/cc.	2.556	2.556	2.556	
21	% de Vacios	$100*((19-18)/19)$	%	7.9	7.8	7.5	7.7
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	$(2+3+4+5+6)/((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12))$	gr/cc.	2.803	2.803	2.803	
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	$100-(2+3+4+5+6)*18/22$	%	20.1	20.0	19.8	20.0
24	% vacios llenados con C.A.	$100*((23-21)/23)$	%	60.7	61.0	61.9	61.2
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	$(2+3+4+5+6)/((100/19 - 1/7))$	gr/cc.	2.824	2.824	2.824	
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	$(100*7)/((25-22)/(25*22))$	%	0.27	0.27	0.27	
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)		%	5.23	5.23	5.23	
28	Flujo	cm.	0.40	0.41	0.40	0.40	
29	Estabilidad sin corregir		1100	1090	1095		
30	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1100	1090	1095	1095	
32	Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	2750	2691	2724	2722	
	Número de Golpes por Capa		50	50			



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

OBSERVACIONES:

INFORME N° S19-568 / 9 de 13

**FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS  
ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS**

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO – TRAMO ÓVALO LA FAMILIA – NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Adherencia:** 18% (Caucho Triturado)

**Fecha:** 21/09/2019

Rice= 5.50

	Identificación muestra	Und	01
1.-	Peso del material	gr.	1500.0
2.-	Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8888.0
5.-	Volumen (3-4)	gr.	583.0
	Peso Especifico Maximo MAC, g/cm³	gr./cm3	2.573



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



INFORME N° S19-568 / 10 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ Y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Adherencia:** 18% (Caucho Trituradoo)

**Fecha:** 21/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Sorpresa	0.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Filler	0.0%
∑ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 a 10mm)
200	1000.00	382
195	975.00	361
196	980.00	360

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00	
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	42.30	42.30	42.30	
3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00	
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	51.70	51.70	51.70	
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla	%				
6	% de Filler en Peso de la Mezcla	%				
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.018	1.018	1.018	
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.358	2.358	2.358	
9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.				
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.857	2.857	2.857	
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.				
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.				
13	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1218.3	1217.6	1220.4	
15	Peso de la briqueta Saturada	gr.	1215.2	1215.3	1217.9	
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr.	696.0	696.3	696.4	
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	519.2	519.0	521.5	519.9
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.346	2.346	2.340	2.344
19	Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.492	2.492	2.492	
20	Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.385	2.385	2.385	
21	% de Vacios	%	5.8	5.8	6.1	5.9
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.809	2.809	2.809	
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	%	15.4	15.5	15.7	15.5
24	% vacios llenados con C.A.	%	62.3	62.2	61.2	61.9
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.745	2.745	2.745	
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	%	1.94	1.94	1.94	
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	%	4.06	4.06	4.06	
28	Flujo	cm.	0.36	0.36	0.36	0.36
29	Estabilidad sin corregir		1000	975	980	
30	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00	
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1000	975	980	985
32	Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	2762	2701	2722	2729
	Número de Golpes por Capa		50	50	50	



OBSERVACIONES:

GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

INFORME N° S19-568 / 11 de 13

## FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA  
MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Adherencia:** 18% (Caucho Triturado)

**Fecha:** 21/09/2019

Rice= 6.00

	Identificación muestra	Und	01
1.-	Peso del material	gr.	1500.0
2.-	Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8869.0
5.-	Volumen (3-4)	gr.	602.0
	Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>	gr./cm <sup>3</sup>	2.492



GEOMG S.A.C.  
*Jorge E. Morillo Trujillo*  
Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

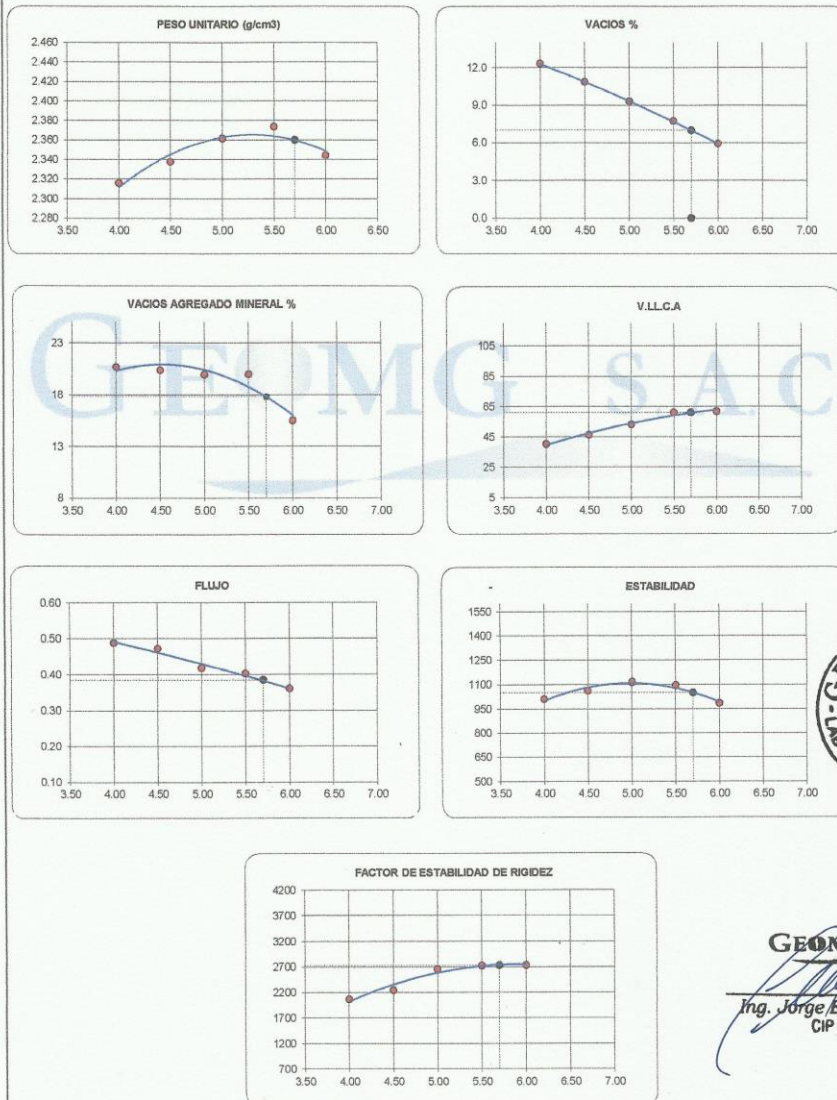


INFORME N° S19-568 / 12 de 13

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

**PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS**

Obra: INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019  
 Solicita: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA Hecho Por: H.L.D.  
 Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH Ing. Responsable: M.T.J.  
 Cantera: GUADALUPITO Adherencia: 18% (Caucho Triturado) Fecha: 21/09/2019



**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738

INFORME N° S19-568 / 13 de 13

## RESUMEN DEL DISEÑO

**Obra:** INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO – TRAMO ÓVALO LA FAMILIA – NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**cantera:** GUADALUPITO

**Adherencia:** 18% (Caucho Triturado)

**Fecha:** 21/09/2019

### CUADRO RESUMEN CON PORCENTAJE DE C.A.

% Cemento Asfáltico en peso	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
Peso específico Probeta	2.316	2.337	2.362	2.374	2.344
Vacios	12.3	10.9	9.3	7.7	5.9
Vacios Agregado Mineral	20.68	20.36	19.95	19.97	15.53
Vacios llenados con C. Asfáltico	40.49	46.62	53.34	61.21	61.89
Flujo	0.49	0.47	0.42	0.40	0.36
Estabilidad	1011	1061	1113	1095	985
Factor de rigidez	2068	2246	2663	2722	2729
Estab./Fluencia	2068	2246	2663	2722	2729

### TABLA AUXILIAR PARA EL MODO GRÁFICO

% Cemento Asfáltico en peso	5.70
Peso unitario Probeta	2.360
Vacios	7.00
Vacios Agregado Mineral	17.80
Vacios llenados con C. Asfáltico	61.00
Flujo	0.39
Estabilidad	1050
Factor de rigidez	2730



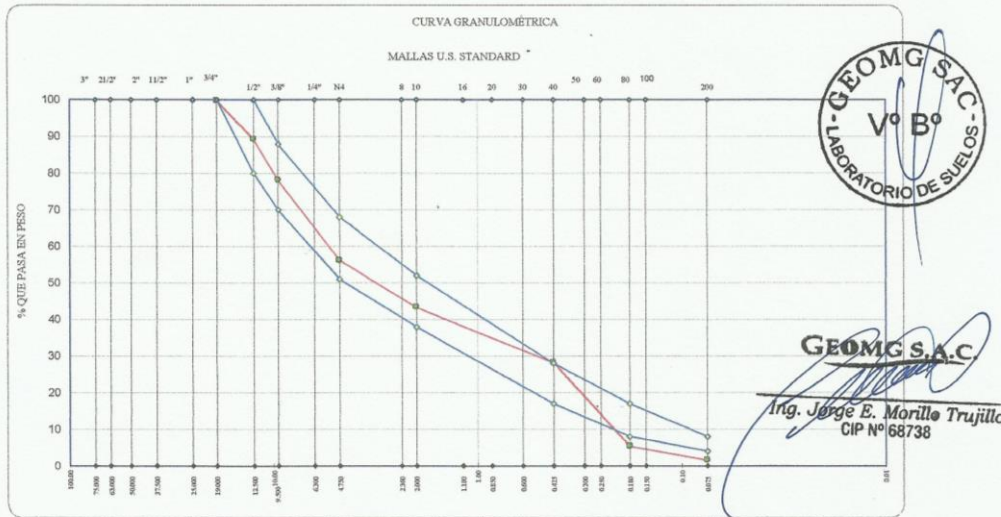
GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

Anexo 3.d: Diseño de Mezcla Asfáltica –  
Adición 20% de Caucho (MAC-20)

INFORME N° S19-569 / 1 de 13

FORMATO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO									
MTC E - 204									
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS									
Obra: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO – TRAMO ÓVALO LA FAMILIA – NUEVO CHIMBOTE - 2019 Hecho Por: H.L.D. Solicita: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH Ing. Responsable: M.T.J. Fecha: 24/09/2019 Cantera: GUADALUPITO Adherencia : 20% (Caucho Triturado)									
Tamiz	Abertura (mm)	Piedra Chancada	Arena Zarabdeada la sorpresa	Arena Zarabdeada la carbonera	Filler	(%)	Especificaciones		Observaciones
							MAC-2		
% Combinaciones		45	55			100			
3"	75.000						MAC-2		
2 1/2"	63.000								
2"	50.000								
1 1/2"	37.500								
1"	25.000					100.0			
3/4"	18.000	99.6	100.0			99.6	100		
1/2"	12.500	76.2	100.0			89.3	80 - 100		
3/8"	9.500	51.3	100.0			78.1	70 - 88		
1/4"	6.300								
No4	4.750	3.3	99.4			56.2	51 - 68		
No8	2.360	0.4	83.4			46.1			
No10	2.000	0.0	78.8			43.3	38 - 52		% Agregados
No16	1.180	0.0	68.8			37.8			
No20	0.850								
No30	0.600		56.6			31.1			
No40	0.425		51.2			28.2	17 - 28		
No60	0.300		42.3			23.3			
No80	0.250								Observaciones
No80	0.180		9.7			5.3	8 - 17		
No100	0.150		8.7			4.8			
No200	0.075		2.8			1.5	4 - 8		
PASA									



Observaciones:

---



---



INFORME N° S19-569 / 2 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Obra: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO – TRAMO ÓVALO LA FAMILIA – NUEVO CHIMBOTE - 2019

Solicitante: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

Hecho Por: H.L.D.

Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

Ing. Responsable: M.T.J.

Cantera: GUADALUPITO

Adherencia: 20% (Caucho Triturado)

Fecha: 24/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Sorpresa	0.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 a 10mm)
160	800.00	493
168	840.00	498
172	860.00	497

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	4.00	4.00	4.00		
2 % de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	43.20	43.20	43.20		
3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	52.80	52.80	52.80		
5 % de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					
6 % de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
8 Peso Especifico Piedra Chancada-Bullk	gr/cc.	2.857	2.857	2.857		
9 Peso Especifico Arena Chancada-Bullk	gr/cc.					
10 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bullk	gr/cc.	2.760	2.760	2.760		
11 Peso Especifico Arena Fina -Bullk	gr/cc.					
12 Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.					
13 Altura Promedio de la Probeta	cm.					
14 Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1220.5	1223.2	1217.5		
15 Peso de la briqueta Saturada	gr.	1218.3	1220.1	1215.2		
16 Peso de la briqueta en el Agua	gr.	685.2	684.2	683.1		
17 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	533.1	535.9	532.1		533.7
18 Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.289	2.283	2.288		2.287
19 Peso Especifico Máximo (Rico) ASTM D-2041	gr/cc.	2.674	2.674	2.674		
20 Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.619	2.619	2.619		
21 % de Vacios $100 \cdot ((19-18)/19)$	%	14.4	14.6	14.4		14.5
22 Peso Especifico Bullk del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)$	gr/cc.	2.803	2.803	2.803		
23 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100 \cdot (2+3+4+5+6) \cdot 18/22$	%	21.6	21.8	21.6		21.7
24 % vacios llenados con C.A. $100 \cdot ((23-21)/23)$	%	33.4	32.9	33.3		33.2
25 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((100/19 - 1/7))$	gr/cc.	2.868	2.868	2.868		
26 C.A. Absorvido por el Peso del Agregado Total $(100 \cdot 7) \cdot ((25-22)/(25 \cdot 22))$	%	0.83	0.83	0.83		
27 % de Asfalto Efectivo (1-26)	%	3.17	3.17	3.17		
28 Flujo	cm.	0.49	0.50	0.50		0.50
29 Estabilidad sin corregir		800	840	860		
30 Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96		
31 Estabilidad corregida (27-28)	kg.	768	806	826		800
32 Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	1558	1619	1661		1613
Número de Golpes por Capa		50				



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738

OBSERVACIONES:

INFORME N° S19-569 / 3 de 13

## FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO – TRAMO ÓVALO LA FAMILIA – NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Adherencia:** 20% (Caucho Triturado)

**Fecha:** 24/09/2019

Rice= 4.00

	Identificación muestra	Und	01
1.-	Peso del material	gr.	1500.0
2.-	Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8910.0
5.-	Volumen (3-4)	gr.	561.0
	Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>	gr./cm <sup>3</sup>	2.674



GEOMG S.A.C.  
  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738



INFORME N° S19-569 / 4 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Obra: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

Solicita: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

Hecho Por: H.L.D.

Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

Ing. Responsable: M.T.J.

Cantera: GUADALUPITO

Adherencia: 20% (Caucho Triturado)

Fecha: 24/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Sorpresa	0.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 a 10mm)
208	1040.00	598
205	1025.00	500
207	1035.00	499

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	4.50	4.50	4.50		
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	42.98	42.98	42.98		
3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	0.00	0.00	0.00		
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	52.53	52.53	52.53		
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla					
6	% de Filler en Peso de la Mezcla					
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc. 1.018	1.018	1.018		
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc. 2.857	2.857	2.857		
9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.				
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc. 2.760	2.760	2.760		
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.				
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.				
13	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
14	Peso de la briqueta en el Aire	gr. 1215.6	1212.3	1211.5		
15	Peso de la briqueta Saturada	gr. 1212.3	1210.5	1208.5		
16	Peso de la briqueta en el Agua	gr. 685.9	685.7	684.5		
17	Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c. 526.4	524.8	524.0		525.1
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc. 2.309	2.310	2.312		2.310
19	Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc. 2.646	2.646	2.646		
20	Peso Especifico Máximo (Teórico) $100 / ((1/7 + 2/8 + 3/9 + 4/10 + 5/11 + 6/12))$	gr/cc. 2.598	2.598	2.598		
21	% de Vacios $100 * ((19-18)/19)$	% 12.7	12.7	12.6		12.7
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6) / ((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12))$	gr/cc. 2.803	2.803	2.803		
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100 - (2+3+4+5+6) * 18/22$	% 21.3	21.3	21.2		21.3
24	% vacios llenados con C.A. $100 * ((23-21)/23)$	% 40.4	40.4	40.6		40.5
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5+6) / ((100/19 - 1/7))$	gr/cc. 2.861	2.861	2.861		
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total $(100 * 7) * ((25-22)/(25 * 22))$	% 0.74	0.74	0.74		
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	% 3.76	3.76	3.76		
28	Flujo	cm. 0.60	0.50	0.50		0.53
29	Estabilidad sin corregir		1040	1025	1035	
30	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96	
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg. 998	984	994		992
32	Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm. 1670	1968	1991		1863
	Número de Golpes por Capa		50	50	50	

OBSERVACIONES:

GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738



INFORME N° S19-569 / 5 de 13

## FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Adherencia:** 20% (Caucho Triturado)

**Fecha:** 24/09/2019

Rice= 4.50

Identificación muestra	Und	01
1.- Peso del material	gr.	1500.0
2.- Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.- Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.- Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8904.0
5.- Volumen (3-4)	gr.	587.0
Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>	gr./cm3	2.646



GEOMG S.A.C.  
  
 Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738

INFORME N° S19-569 / 6 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-804 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Obra: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

Solicita: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

Hecho Por: H.L.D.

Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

Ing. Responsable: M.T.J.

Cantera: GUADALUPITO

Adherencia: 20% (Caucho Triturado)

Fecha: 24/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Sorpresa	0.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 a 10mm)
208	1040.00	485
204	1020.00	495
203	1015.00	490

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00		
2 % de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	42.75	42.75	42.75		
3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	52.25	52.25	52.25		
5 % de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					
6 % de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
8 Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.857	2.857	2.857		
9 Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.					
10 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.780	2.780	2.780		
11 Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.					
12 Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.					
13 Altura Promedio de la Probeta	cm.					
14 Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1210.5	1211.5	1213.5		
15 Peso de la briqueta Saturada	gr.	1207.5	1207.5	1210.2		
16 Peso de la briqueta en el Agua	gr.	687.0	686.7	687.9		
17 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	520.5	520.8	522.3		521.2
18 Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.326	2.326	2.323		2.325
19 Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.627	2.627	2.627		
20 Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.577	2.577	2.577		
21 % de Vacios	%	11.5	11.4	11.6		11.5
22 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.803	2.803	2.803		
23 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	%	21.2	21.2	21.3		21.2
24 % vacios llenados con C.A.	%	45.8	45.9	45.6		45.8
25 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.865	2.865	2.865		
26 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	%	0.79	0.79	0.79		
27 % de Asfalto Efectivo (1-26)	%	4.21	4.21	4.21		
28 Flujo	cm.	0.49	0.50	0.49		0.49
29 Estabilidad sin corregir		1040	1020	1015		
30 Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
31 Estabilidad corregida (27*28)	kg.	1040	1020	1015		1025
32 Factor de Rigidez (28/26)	kg/cm.	2144	2061	2071		2092
Número de Golpes por Capa		50	50	50		

OBSERVACIONES:

GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

INFORME N° S19-569 / 7 de 13

## FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Obra: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

Solicita: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

Hecho Por: H.L.D.

Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

Ing. Responsable: M.T.J.

Cantera: GUADALUPITO

Adherencia: 20% (Caucho Triturado)

Fecha: 24/09/2019

Rice= 5.00

Identificación muestra	Und	01
1.- Peso del material	gr.	1500.0
2.- Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.- Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.- Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8900.0
5.- Volumen (3-4)	gr.	571.0
Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>	gr./cm <sup>3</sup>	2.627



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 66738



INFORME N° S19-569 / 8 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Obra: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

Solicitante: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

Hecho Por: H.L.D.

Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

Ing. Responsable: M.T.J.

Cantera: GUADALUPITO

Adherencia: 20% (Caucho Titulado)

Fecha: 24/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Sorpresa	0.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 a 10mm)
185	925.00	452
180	900.00	456
172	860.00	462

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1	% C.A. en peso de la Mezcla	5.50	5.50	5.50		
2	% de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	42.53	42.53	42.53		
3	% de Arena Chancada en peso de la Mezcla	0.00	0.00	0.00		
4	% de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	51.98	51.98	51.98		
5	% de Arena Fina en peso de la Mezcla					
6	% de Filler en Peso de la Mezcla					
7	Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc. 1.018	1.018	1.018		
8	Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc. 2.857	2.857	2.857		
9	Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.				
10	Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc. 2.760	2.760	2.760		
11	Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.				
12	Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.				
13	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
14	Peso de la briqueleta en el Aire	gr. 1210.2	1210.4	1208.6		
15	Peso de la briqueleta Saturada	gr. 1208.2	1204.6	1202.6		
16	Peso de la briqueleta en el Agua	gr. 680.0	679.2	678.9		
17	Volumen de la briqueleta por desplazamiento (15-16)	c.c. 526.2	525.4	523.7		525.1
18	Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc. 2.300	2.304	2.308		2.304
19	Peso Especifico Máximo (Rico) ASTM D-2041	gr/cc. 2.595	2.595	2.595		
20	Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc. 2.556	2.556	2.556		
21	% de Vacios $100 \cdot ((19-18)/19)$	% 11.4	11.2	11.1		11.2
22	Peso Especifico Bulk del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((2/8+3/9+4/10+5/11+6/12)$	gr/cc. 2.803	2.803	2.803		
23	% V.M.A. Vacios del Agregado Mineral $100 \cdot (2+3+4+5+6) \cdot 18/22$	% 22.5	22.3	22.2		22.3
24	% vacios llenados con C.A. $100 \cdot ((23-21)/23)$	% 49.3	49.7	50.1		49.7
25	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total $(2+3+4+5+6)/((100/19 - 1/7))$	gr/cc. 2.852	2.852	2.852		
26	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total $(100 \cdot 7) \cdot ((25-22)/(25 \cdot 22))$	% 0.63	0.63	0.63		
27	% de Asfalto Efectivo (1-26)	% 4.87	4.87	4.87		
28	Flujo	cm. 0.45	0.46	0.46		0.46
29	Estabilidad sin corregir		925	900	860	
30	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96	
31	Estabilidad corregida (27*28)	kg. 888	864	826		859
32	Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm. 1985	1895	1787		1881
	Número de Golpes por Capa		50	50	50	

OBSERVACIONES:

GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

INFORME N° SI9-569 / 9 de 13

**FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS  
 ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS**

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**

**Obra:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

**Hecho Por:** H.L.D.

**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**Ing. Responsable:** M.T.J.

**Cantera:** GUADALUPITO

**Adherencia:** 20% (Caucho Triturado)

**Fecha:** 24/09/2019

Rice= 5.50

	Identificación muestra	Und	01
1.-	Peso del material	gr.	1500.0
2.-	Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8893.0
5.-	Volumen (3-4)	gr.	576.0
	Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>	gr./cm <sup>3</sup>	2.595



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68736

INFORME N° S19-569 / 10 de 13

## FORMATO DE ENSAYO MARSHALL

MTC E-504 ASTM D-1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

**Obra:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA  
 MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO – TRAMO ÓVALO LA FAMILIA – NUEVO CHIMBOTE - 2019  
**Solicita:** SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA  
**Hecho Por:** H.L.D.  
**Ubicación:** NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH  
**Ing. Responsable:** M.T.J.  
**Cantera:** GUADALUPITO **Adherencia:** 20% (Caucho Triturado) **Fecha:** 24/09/2019

PORCENTAJES DE DISEÑO	
Piedra Chancada	45.0%
Arena Sorpresa	0.0%
Arena Zarandeada	55.0%
Filler	0.0%
Σ Suma	100.0%
C.A. (PEN)	60-70

Lectura dial	Lectura calibración	Flujo (0,01 a 10mm)
125	625.00	425
135	675.00	432
130	650.00	421

Número de Probetas	N°	1	2	3	4	Promedio
1 % C.A. en peso de la Mezcla	%	6.00	6.00	6.00		
2 % de Piedra chancada en Peso de la Mezcla	%	42.30	42.30	42.30		
3 % de Arena Chancada en peso de la Mezcla	%	0.00	0.00	0.00		
4 % de Arena Zarandeada en peso de la Mezcla	%	51.70	51.70	51.70		
5 % de Arena Fina en peso de la Mezcla	%					
6 % de Filler en Peso de la Mezcla	%					
7 Peso Especifico Aparente de C.A.	gr/cc.	1.018	1.018	1.018		
8 Peso Especifico Piedra Chancada-Bulk	gr/cc.	2.358	2.358	2.358		
9 Peso Especifico Arena Chancada-Bulk	gr/cc.					
10 Peso Especifico Arena Zarandeada-Bulk	gr/cc.	2.857	2.857	2.857		
11 Peso Especifico Arena Fina -Bulk	gr/cc.					
12 Peso Especifico del filler-Aparente	gr/cc.					
13 Altura Promedio de la Probeta	cm.					
14 Peso de la briqueta en el Aire	gr.	1207.2	1208.4	1210.3		
15 Peso de la briqueta Saturada	gr.	1204.6	1205.6	1204.5		
16 Peso de la briqueta en el Agua	gr.	677.2	678.0	677.2		
17 Volumen de la briqueta por desplazamiento (15-16)	c.c.	527.4	527.6	527.3		527.4
18 Peso Especifico de la Probeta (14/17)	gr/cc.	2.289	2.290	2.295		2.292
19 Peso Especifico Máximo (Rice) ASTM D-2041	gr/cc.	2.500	2.500	2.500		
20 Peso Especifico Máximo (Teórico)	gr/cc.	2.385	2.385	2.385		
21 % de Vacios	%	8.4	8.4	8.2		8.3
22 Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.609	2.609	2.609		
23 % V.M.A. Vacios del Agregado Mineral	%	17.5	17.5	17.3		17.4
24 % vacios llenados con C.A.	%	51.8	52.0	52.6		52.1
25 Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.756	2.756	2.756		
26 C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Total	%	2.09	2.09	2.09		
27 % de Asfalto Efectivo (1-26)	%	3.91	3.91	3.91		
28 Flujo	cm.	0.43	0.43	0.42		0.43
29 Estabilidad sin corregir		625	675	650		
30 Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96		
31 Estabilidad corregida (27*28)	kg.	600	648	624		624
32 Factor de Rigidez (29/26)	kg/cm.	1412	1500	1482		1465
Número de Golpes por Capa		50	50	50		



OBSERVACIONES:

GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738



INFORME N° S19-569 / 11 de 13

## FORMATO DE ENSAYO PESO ESPECIFICO TEÓRICO MÁXIMO DE MEZCLAS ASFÁLTICAS PARA PAVIMENTOS

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Obra: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

Solicita: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

Hecho Por: H.L.D.

Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

Ing. Responsable: M.T.J.

Cantera: GUADALUPITO

Adherencia: 20% (Caucho Triturado)

Fecha: 24/09/2019

Rice= 6.00

	Identificación muestra	Und	01
1.-	Peso del material	gr.	1500.0
2.-	Peso agua + frasco	gr.	7971.0
3.-	Peso agua + frasco + material (1+2)	gr.	9471.0
4.-	Peso agua + frasco + material (ensayo)	gr.	8871.0
5.-	Volumen (3-4)	gr.	600.0
	Peso Especifico Maximo MAC, g/cm <sup>3</sup>	gr./cm <sup>3</sup>	2.500



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68738

INFORME N° S19-569 / 12 de 13

AASHTO T 245 / ASTM D 1559

**PESO ESPECIFICO TEORICO MAXIMO DE MEZCLAS ASFALTICAS PARA PAVIMENTOS**

Obra: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019

Solicita: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

Hecho Por: H.L.D.

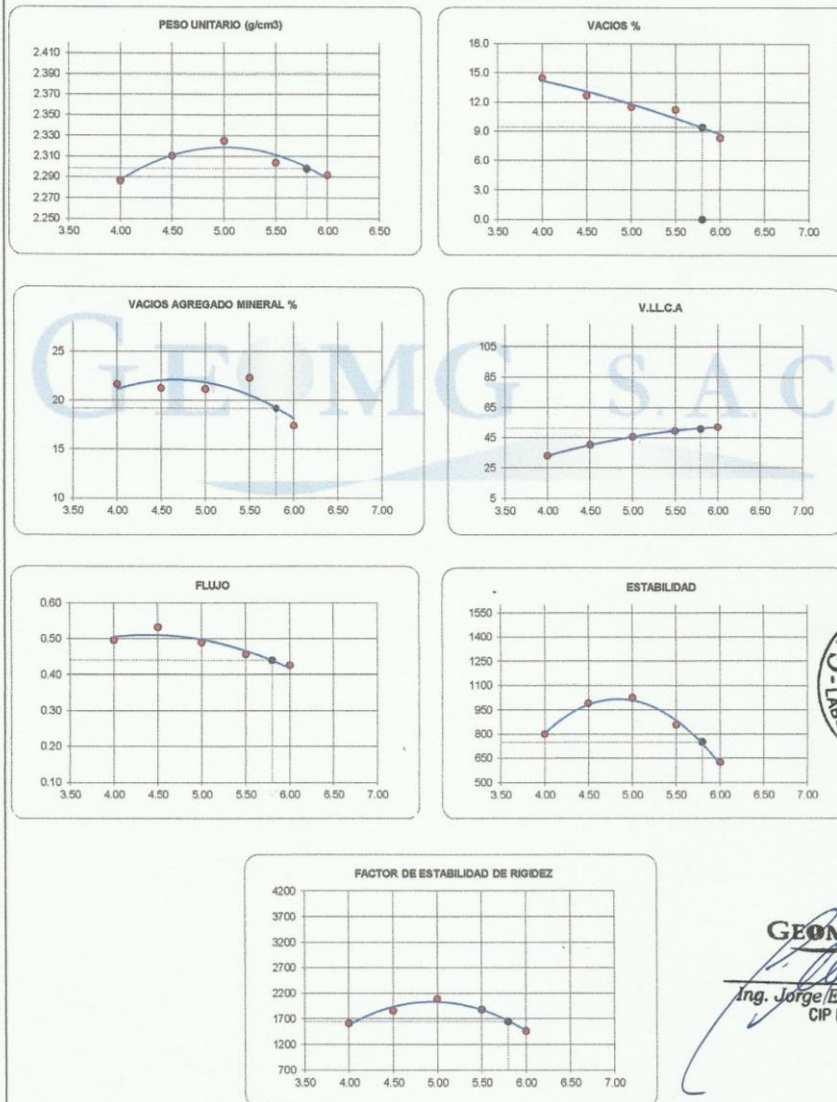
Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

Ing. Responsable: M.T.J.

Cantera: GUADALUPITO

Adherencia: 20% (Caucho Triturado)

Fecha: 24/09/2019



**GEOMG S.A.C.**  
 Ing. Jorge E. Monillo Trujillo  
 CIP N° 68738

INFORME N° SI9-569 / 13 de 13

## RESUMEN DEL DISEÑO

Obra: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO – TRAMO ÓVALO LA FAMILIA – NUEVO CHIMBOTE - 2019

Solicitante: SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA

Hecho Por: H.L.D.

Ubicación: NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

Ing. Responsable: M.T.J.

cantera: GUADALUPITO

Adherencia: 20% (Caucho Triturado)

Fecha: 24/09/2019

### CUADRO RESUMEN CON PORCENTAJE DE C.A.

	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
% Cemento Asfáltico en peso	4.00	4.50	5.00	5.50	6.00
Peso específico Probeta	2.287	2.310	2.325	2.304	2.292
Vacios	14.5	12.7	11.5	11.2	8.3
Vacios Agregado Mineral	21.68	21.28	21.19	22.32	17.42
Vacios llenados con C. Asfáltico	33.22	40.47	45.77	49.72	52.15
Flujo	0.50	0.53	0.49	0.46	0.43
Estabilidad	800	992	1025	859	624
Factor de rigidez	1813	1863	2092	1881	1465
Estab./Fluencia	1613	1863	2092	1881	1465

### TABLA AUXILIAR PARA EL MODO GRÁFICO

% Cemento Asfáltico en peso	5.80
Peso unitario Probeta	2.298
Vacios	9.40
Vacios Agregado Mineral	19.20
Vacios llenados con C. Asfáltico	51.00
Flujo	0.44
Estabilidad	750
Factor de rigidez	1650



GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
 CIP N° 68738

## Anexo 3.e: Análisis Granulométrico del Caucho



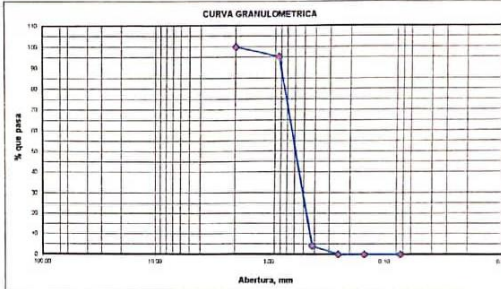
INFORME N° S19-565

Proyecto	INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE CAUCHO RECICLADO EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA LA AVENIDA PACÍFICO - TRAMO ÓVALO LA FAMILIA - NUEVO CHIMBOTE - 2019		
Solicitante	SR. ADRIÁN CASTRO VÁSQUEZ y SR. ALEXANDER LEÓN MEDINA		
Departamento	Ancash	Provincia	Santa
Material	Caucho Triturado	Muestra	M-01
		Distrito	Nuevo Chimbote
		Fecha	15/09/2019

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	226.30
Peso Lavado y Seco, [gr]	226.20

Mallas	Abertura [mm]	Peso Retenido [gr]	% Pasa
3"	76.200		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.500		
3/8"	9.525		
N° 4	4.750		
N° 10	2.000	0.00	100.00
N° 20	0.840	10.80	95.23
N° 40	0.420	206.30	4.07
N° 60	0.250	8.90	0.13
N° 100	0.150	0.10	0.09
N° 200	0.074	0.10	0.04
< N° 200		0.10	



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)

A. LIMITE LIQUIDO

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. No de Golpes		
2. Peso Tara, [gr]		
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		
5. Peso Agua, [gr]	(3)-(4)	
6. Peso Suelo Seco, [gr]	(4)-(2)	
7. Contenido de Humedad, [%]	(5)/(6)x100	

NO PRESENTA

B. LIMITE PLASTICO

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. Peso Tara, [gr]		
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100	

NO PLASTICO

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Fórmula	Tara No
1. Peso Tara, [gr]		
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		
4. Peso Agua, [gr]	(2)-(3)	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	(3)-(1)	
6. Contenido de Humedad, [%]	(4)/(5)x100	

N.P.



RESUMEN

Mat. Grueso	0.00%
Grava Gruesa (3/4" < Diam < 3")	0.00%
Grava Fina (1/2" < Diam < 3/4")	0.00%
Mat. Fino	99.96%
Mat. Fino - Gruesa (No. 10 < Diam < No. 4)	0.00%
Mat. Fino - Media (No. 40 < Diam < No. 10)	95.93%
Mat. Fino - Fina (No. 200 < Diam < No. 40)	4.02%
Finos (Diam < No. 200)	0.04%
Límite Líquido	N.P.
Límite Plástico	N.P.
Índice Plasticidad	N.P.
Contenido de Humedad	N.P.



Realizado por: M.L.D.  
Revisado por: M.T.J.

GEOMG S.A.C.

Ing. Jorge E. Morillo Trujillo  
CIP N° 68735



## Anexo 3.f: Especificaciones Técnicas del Caucho

**"Influencia de la adición de caucho reciclado en las propiedades físicas y mecánicas de Mezcla Asfáltica en caliente para la Avenida Pacifico - Tramo Ovalo la Familia - Nuevo Chimbote - 2019**

**Solicita:** Sr. Adrian Lucero Castro Vásquez y Sr. Alexander León Medina

**Ubicación:** Nuevo Chimbote - Santa - Ancash

**Fecha:** 30/10/2019

**Empresa responsable:** LÍDER GRASS PERÚ E.I.R.L.



**LÍDER GRASS PERÚ E.I.R.L.**  
**ESPECIFICACIONES DEL CAUCHO RECICLADO GRANULAR**

Número de contacto: 991002616 - 992605729

DIRECCIÓN: Jr. Jorge Chávez N° 977 - Dpto: 808 Breña - Lima - Perú

RUC: 20562783114

CARACTERÍSTICA	VALORES
Humedad	0.75% del peso
Gravedad específica	1.15 g/cm <sup>3</sup>
Contenido de metales no ferrosos	Sin presencia visible
Contenido de metales ferrosos	Max. 0.01%
Contenido de fibra	Max. 0.5%
Contenido de polvo mineral	Max. 4%
Contenido de otros elementos	Max. 0.25%
Tamaño nominal de partícula	1.19mm

## Anexo IV: Prueba de Hipótesis

## PRUEBA DE HIPÓTESIS

Como etapa previa a la realización de la prueba de hipótesis, se procederá a determinar si los datos presentan una distribución normal y la media es representativa, para tal efecto, calcularemos los coeficientes de Sesgo Estandarizado y Curtosis, considerando que los límites en los cuales deben encontrarse son de -2 a 2 y -3 a 3 respectivamente.

**Tabla 15: Sesgo Estandarizado y Curtosis**

Propiedades	Patrón	MAC-16	MAC-18	MAC-20	Sesgo Estandarizado	Curtosis
<b>Físicas</b>						
Densidad (gr/cm <sup>3</sup> )	2382	2358	2360	2298	-1.4343	2.6840
% Vacíos	4.8	6	7	9.4	0.8122	0.7371
% VMA	17	17.2	17.8	19.2	1.3713	1.5000
% VFA	72	65	61	51	-0.4725	0.6502
<b>Mecánicas</b>						
Flujo (cm)	0.37	0.36	0.39	0.44	1.3309	1.5000
Estabilidad (kg)	1180	1020	1050	750	-1.0941	2.0646

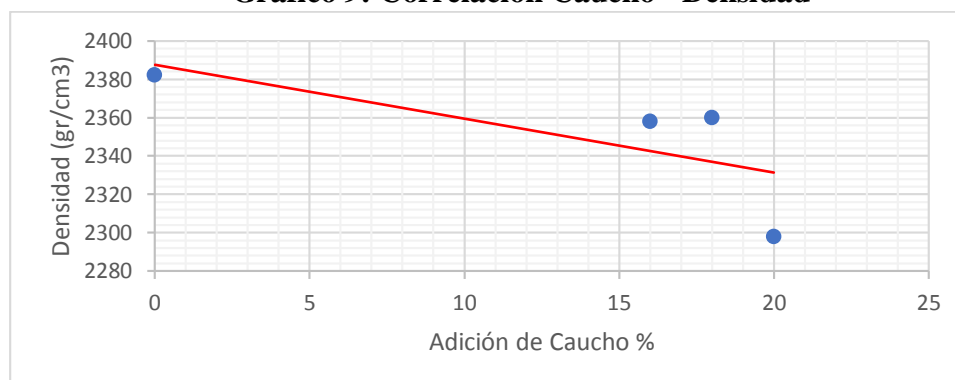
*Fuente: Elaboración Propia en bases a los datos del Ensayo Marshall.*

Como se observa, el sesgo estandarizado y la curtosis se encuentran en el límite establecido para una distribución normal; por tanto, la media es representativa para los cálculos posteriores.

### ❖ Propiedades Físicas

#### - Densidad

**Gráfico 9: Correlación Caucho - Densidad**



*Fuente: Elaboración Propia en bases a los datos del Ensayo Marshall.*

Como se observa los puntos convergen a la línea de tendencia lineal, asimismo, se obtiene un factor de relación (r) de -0.71338 es decir existe una correlación lineal negativa, la densidad presenta una tendencia a disminuir a medida que se agrega el caucho, por tanto, podemos señalar que *Sí existe correlación.*

$$H_0: \mu \leq 2382 \quad ; \quad H_1: \mu > 2382$$

**Nivel de significancia:  $\alpha = 5\%$**

**Tabla 16: Datos Estadísticos para Densidad**

Media de la muestra	<b>2349.5000</b>
Desviación Estándar de la muestra	36.0139
Tamaño de la Muestra	4
Desviación Estándar de la Media muestral	18.0070
Valor Tabular: Dist.Normal	1.6449
Valor Tabular: Dist. T Student	2.9200
Con 2 g.l.	

*Fuente: Elaboración Propia en bases a los datos del Ensayo Marshall.*

Estadístico de Prueba **tp:** **-1.8049**

Como **tp = -1.8049 < tc = 2.9200** **Aceptamos Ho**

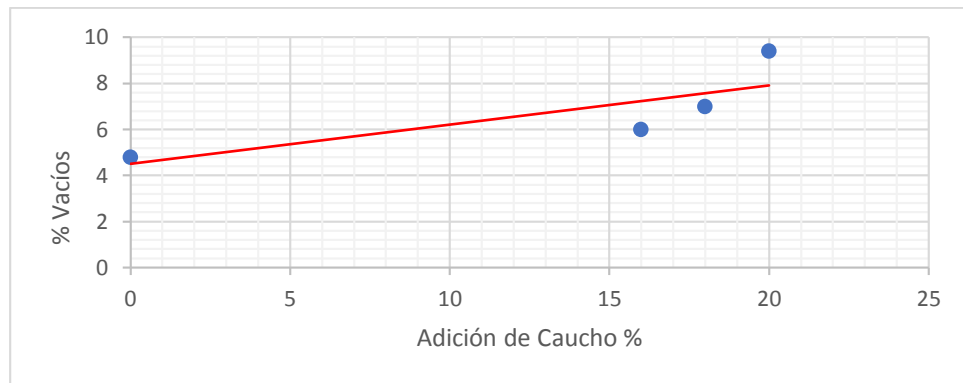
Es decir, que la adición de caucho no mejora la Densidad en la mezcla asfáltica.

Finalmente, podemos aseverar que la adición de caucho influye negativamente sobre la propiedad Física: Densidad.



- % Vacíos

**Gráfico 10: Correlación Caucho - Vacíos**



*Fuente: Elaboración Propia en bases a los datos del Ensayo Marshall*

Como se observa los puntos convergen a la línea de tendencia lineal, asimismo, se obtiene un factor de relación (r) de 0.79871 es decir existe una correlación lineal positiva, el % de Vacíos presenta una tendencia a aumentar a medida que se agrega el caucho, por tanto, podemos señalar que *Sí existe correlación*.

$$H_0: \mu \geq 5 \quad ; \quad H_1: \mu < 5$$

**Nivel de significancia:  $\alpha = 5\%$**

**Tabla 17: Datos Estadísticos para % Vacíos**

Media de la muestra	<b>6.8</b>
Desviación Estándar de la muestra	1.9528
Tamaño de la Muestra	4
Desviación Estándar de la Media muestral	0.9764
Valor Tabular: Dist.Normal	1.6449
Valor Tabular: Dist. T Student	- 2.9200
Con 2 g.l.	

*Fuente: Elaboración Propia en bases a los datos del Ensayo Marshall.*

Estadístico de Prueba **tp:** **1.8435**

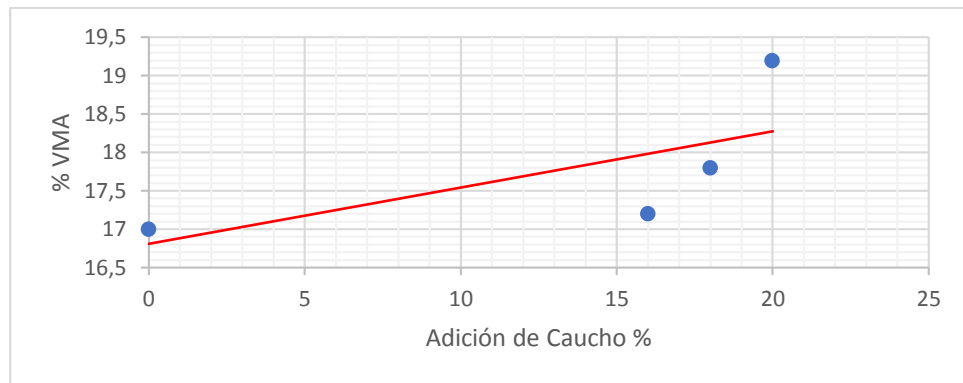
Como **tp = 1.8435 > - 2.9200** **Aceptamos Ho**

Es decir, que la adición de caucho no mejora % Vacíos en la mezcla asfáltica.

Finalmente, podemos aseverar que la adición de caucho influye negativamente sobre la propiedad Física: % Vacíos

- % VMA

**Gráfico 11: Correlación Caucho - %VMA**



*Fuente: Elaboración Propia en bases a los datos del Ensayo Marshall*

Como se observa los puntos convergen a la línea de tendencia lineal, asimismo, se obtiene un factor de relación (r) de 0.675048 es decir existe una correlación lineal positiva, el % VMA presenta una tendencia a incrementar a medida que se agrega el caucho, por tanto, podemos señalar que *Sí existe correlación*.

$$H_0: \mu \geq 17 \quad ; \quad H_1: \mu < 17$$

**Nivel de significancia:  $\alpha = 5\%$**

**Tabla 18: Datos Estadísticos para % VMA**

Media de la muestra	<b>17.8000</b>
Desviación Estándar de la muestra	0.9933
Tamaño de la Muestra	4
Desviación Estándar de la Media muestral	0.4967
Valor Tabular: Dist.Normal	1.6449
Valor Tabular: Dist. T Student	- 2.9200
Con 2 g.l.	

*Fuente: Elaboración Propia en bases a los datos del Ensayo Marshall.*

Estadístico de Prueba **tp:** **1.611**

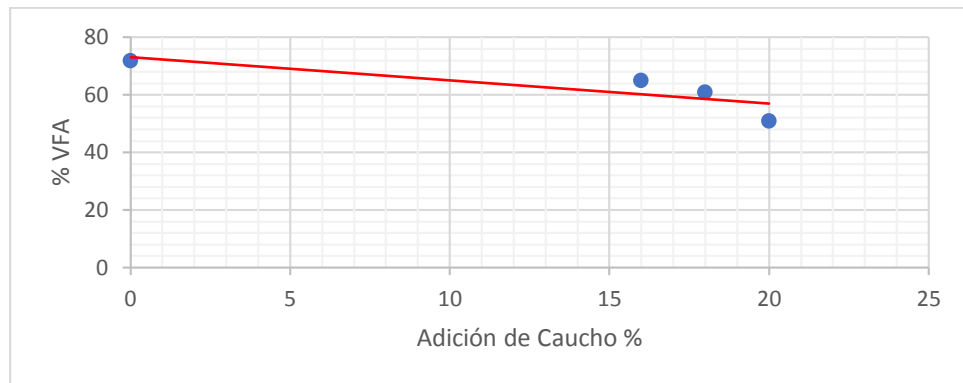
Como **tp = 1.611 > - 2.9200** **Aceptamos Ho**

Es decir, que la adición de caucho no mejora % VMA en la mezcla asfáltica.

Finalmente, podemos aseverar que la adición de caucho influye negativamente sobre la propiedad Física: % VMA.

- % VFA

**Gráfico 12: Correlación Caucho - %VFA**



*Fuente: Elaboración Propia en bases a los datos del Ensayo Marshall*

Como se observa los puntos convergen a la línea de tendencia lineal, asimismo, se obtiene un factor de relación (r) de -0.84558 es decir existe una correlación lineal negativa, el % VFA presenta una tendencia a disminuir a medida que se agrega el caucho, por tanto, podemos señalar que *Sí existe correlación*.

$$H_0: \mu < 65 \quad ; \quad H_1: \mu \geq 65$$

**Nivel de significancia:  $\alpha = 5\%$**

**Tabla 19: Datos Estadísticos para % VFA**

Media de la muestra	62.2500
Desviación Estándar de la muestra	8.7702
Tamaño de la Muestra	4
Desviación Estándar de la Media muestral	4.3851
Valor Tabular: Dist.Normal	1.6449
Valor Tabular: Dist. T Student	2.9200
Con 2 g.l.	

*Fuente: Elaboración Propia en bases a los datos del Ensayo Marshall.*

Estadístico de Prueba **tp:** -0.6271

Como **tp = -0.6271 < 2.9200** **Aceptamos Ho**

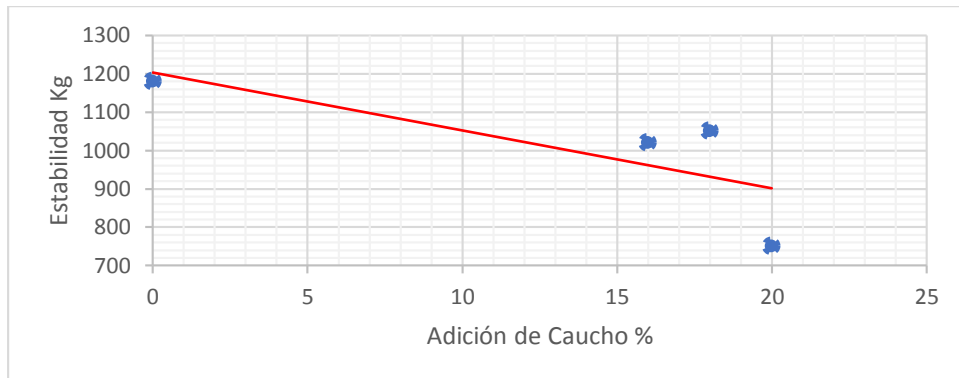
Es decir, que la adición de caucho no mejora % VFA en la mezcla asfáltica.

Finalmente, podemos aseverar que la adición de caucho influye negativamente sobre la propiedad Física: % VFA.

❖ **Propiedades Mecánicas**

- **Estabilidad**

**Gráfico 13: Correlación Caucho - Estabilidad**



*Fuente: Elaboración Propia en bases a los datos del Ensayo Marshall*

Como se observa los puntos convergen a la línea de tendencia lineal, asimismo, se obtiene un factor de relación (r) de -0.762931; es decir existe una correlación lineal negativa, la estabilidad presenta una tendencia a disminuir a medida que se agrega el caucho, por tanto, podemos señalar que *Sí existe correlación*.

$$H_0: \mu \leq 1180 \quad ; \quad H_1: \mu > 1180$$

Nivel de significancia:  $\alpha = 5\%$

**Tabla 20: Datos Estadísticos para Estabilidad**

Media de la muestra	1000.0000
Desviación Estándar de la muestra	97800.0000
Tamaño de la Muestra	4
Desviación Estándar de la Media muestral	48900.0000
Valor Tabular: Dist.Normal	1.6449
Valor Tabular: Dist. T Student	2.9200
Con 2 g.l.	

*Fuente: Elaboración Propia en bases a los datos del Ensayo Marshall.*

Estadístico de Prueba **tp:** -1.9939

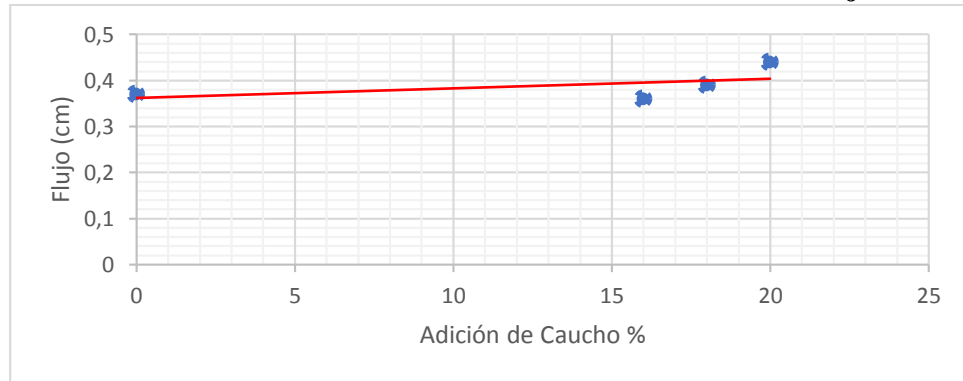
Como **tp = -1.9939 < tc = 2.9200** **Aceptamos Ho**

Es decir, que la adición de caucho no mejora la Estabilidad en la mezcla asfáltica.

Finalmente, podemos aseverar que la adición de caucho influye negativamente sobre la propiedad mecánica: Estabilidad.

- **Flujo**

**Gráfico 14: Correlación de Pearson: Caucho - Flujo**



*Fuente: Elaboración Propia en bases a los datos del Ensayo Marshall*

Como se observa los puntos convergen a la línea de tendencia lineal, asimismo, se obtiene un factor de relación (r) de 0.53244 es decir existe una correlación lineal positiva, el flujo presenta una tendencia a incrementar a medida que se agrega el caucho, por tanto, podemos señalar que *Sí existe correlación*

$$H_0: \mu \geq 0.37 \quad ; \quad H_1: \mu < 0.37$$

**Nivel de significancia:  $\alpha = 5\%$**

**Tabla 21: Datos Estadísticos para Flujo**

Media de la muestra	0.3900
Desviación Estándar de la muestra	0.0356
Tamaño de la Muestra	4
Desviación Estándar de la Media muestral	0.0178
Valor Tabular: Dist.Normal	1.6449
Valor Tabular: Dist. T Student	-2.9200
Con 2 g.l.	

*Fuente: Elaboración Propia en bases a los datos del Ensayo Marshall.*

Estadístico de Prueba **tp:** **1.12391**

Como **tp = 1.12391 > tc = - 2.9200** **Aceptamos Ho**

Es decir, que la adición de caucho no mejora el Flujo en la mezcla asfáltica.

Finalmente, podemos aseverar que la adición de caucho influye negativamente sobre la propiedad mecánica: Flujo.

## ANEXO V: PANEL FOTOGRÁFICO

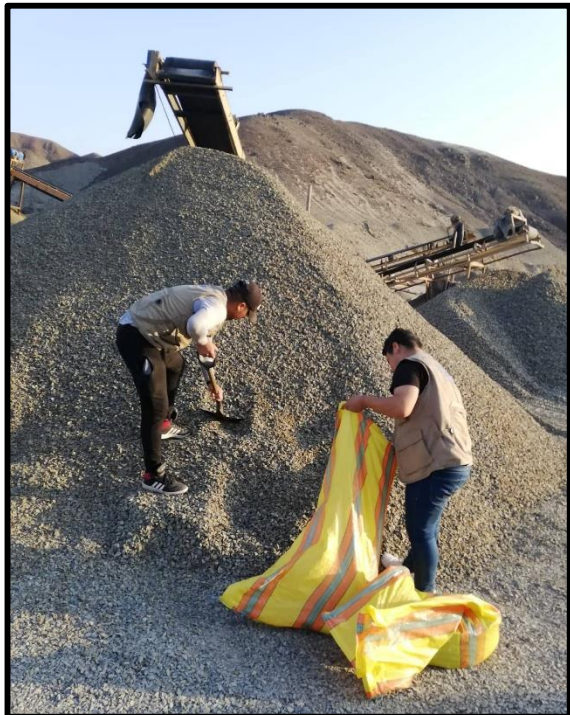




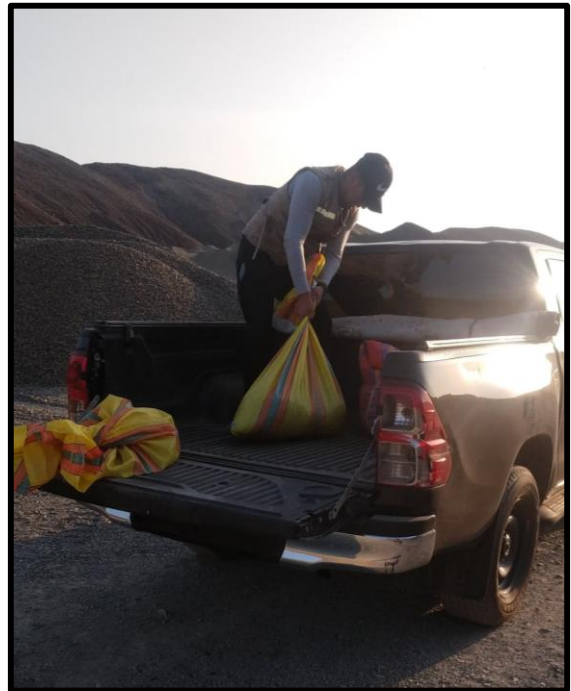
**Fotografía N° 01:** Arena zarandeado extraído de la cantera Guadalupito



**Fotografía N° 02:** Cargamento de la arena zarandeada.



**Fotografía N° 03:** Piedra chancada extraída de la Cantera Guadalupito



**Fotografía N° 04:** Traslado de los agregados al vehículo, para ser transportados al laboratorio.



**Fotografía N° 05:** Juego de tamices para generar el ensayo granulométrico según MAC-2



**Fotografía N° 06:** Saturado de muestras de agregado grueso y agregado fino, por 24 horas, luego peso específico del agregado grueso y agregado fino.



**Fotografía N° 07:** Ensayo para pesos unitarios del agregado grueso y agregado fino.



**Fotografía N° 08:** Baño maría temperado a 60°C para colocar las briquetas.





**Fotografía N° 09:** Muestras de agregado fino



**Fotografía N° 10:** Muestras de agregado grueso



**Fotografía N° 11:** Líquido PEN, calentado a 150°



**Fotografía N° 12:** Añadiendo el líquido PEN, previamente calentado a



**Fotografía N° 13:** Mezcla asfáltica, agregado y líquido PEN, mezclados, calentado a 150°C (para la mezcla con adición de caucho 170°C) luego se deja enfriar a 30°C para recién ser añadido a los moldes y hacer el pisonado.



**Fotografía N° 14:** Se realiza el pisonado de la mezcla asfáltica, con el pistón, a 130 °C, luego de ser calentado. Se realiza lo mismo con las 3 proporciones de caucho a 160°C.



**Fotografía N° 15:** Extrayendo briquetas de asfalto, con el equipo llamado extractor de muestras, luego de haber sido apisonado y moldeado.



**Fotografía N° 16:** Luego de haber sido pisoneado, se obtienen las briquetas, en la cual son ubicadas en el baño maría a una temperatura de 60°C, por 30 minutos, tanto para el diseño matriz y con las otras 3 proporciones con la adición del acucho reciclado

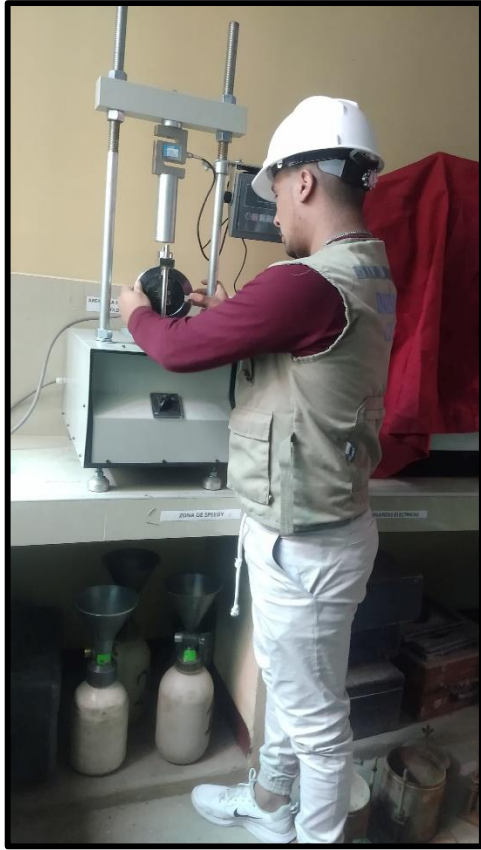




**Fotografía N° 17:** Tres briquetas analizadas por cada porcentaje; 4%, 4.5%, 5%, 5.5%, 6%, para el diseño patrón y con las 3 adiciones de caucho reciclado, por ello la muestra es de 60 briquetas.



**Fotografía N° 18:** Granulometría del caucho reciclado en el laboratorio GEOMG S.A.C.



**Fotografía N° 19:** Colocación de las briquetas después de haber estado por 30 minutos en el baño maría, en el quipo MARSHALL, para realizar la carga, en el cual obtenemos el flujo y la estabilidad. Se realiza tanto para el diseño patrón y con la adición de las 3 proporciones de caucho reciclado.



## ANEXO VI: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 081 - 2019

Página: 1 de 3

Expediente : 025-2019  
 Fecha de Emisión : 2019-05-17

**1. Solicitante** : GEOMG S.A.C.  
 Dirección : MZA J2 LOTE 8 URB. LOS HEROES - NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**2. Instrumento de Medición** : BALANZA  
 Marca : OHAUS  
 Modelo : EB30  
 Número de Serie : 8031296976  
 Alcance de Indicación : 30000 g  
 División de Escala de Verificación ( e ) : 1 g  
 División de Escala Real (d) : 1 g  
 Procedencia : CHINA  
 Identificación : NO INDICA  
 Tipo : ELECTRÓNICA  
 Ubicación : LABORATORIO  
 Fecha de Calibración : 2019-05-16

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

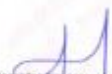
PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

**3. Método de Calibración**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del INACAL-DM.

**4. Lugar de Calibración**

LABORATORIO de GEOMG S.A.C.  
MZA. J2 LOTE. 8 URB. LOS HEROES - NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 081 - 2019

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	24,0 °C	23,5 °C
Humedad Relativa	68 %	69 %

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1 y F2)	M-0660-2018
		LM-323-2018 / LM-324-2018
		LM-325-2018 / LM-356-2018
		LM-114-2019 / LM-115-2019
		LM-116-2019

7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 15 000 g	Temp. (°C)		Carga L2= 30 000 g	f(g)	M(g)	E(g)	
		Inicial	Final					
		24,0	24,0					
1	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,8	-0,3		
2	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,6	-0,1		
3	15 000	0,7	-0,2	30 001	0,7	0,8		
4	15 000	0,8	-0,3	30 000	0,8	-0,3		
5	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,9	-0,4		
6	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,7	-0,2		
7	15 000	0,8	-0,3	30 001	0,6	0,9		
8	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,8	-0,3		
9	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,6	-0,1		
10	15 000	0,9	-0,4	30 001	0,7	0,8		
Diferencia Máxima							0,3	1,3
Error máximo permitido ±							2 g	3 g

Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro INACAL - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 081 - 2019

Página: 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Carga mínima (g)	Determinación de E <sub>g</sub>			Determinación del Error corregido				
		h(g)	ΔL(g)	E <sub>g</sub> (g)	Carga (g)	h(g)	ΔL(g)	E <sub>g</sub> (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	10	10	0,8	-0,3	10 000	10 000	0,8	-0,3	0,0
2		10	0,9	-0,4		10 000	0,9	-0,4	0,0
3		10	0,7	-0,2		10 000	0,7	-0,2	0,0
4		10	0,8	-0,3		10 000	0,8	-0,3	0,2
5		10	0,6	-0,1		10 000	0,6	-0,3	-0,2

(\*) valor entre 0 y 10 s

Error máximo permitido: ± 2 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES					DECRECIENTES					emp(**)
	h(g)	ΔL(g)	E <sub>g</sub> (g)	E <sub>c</sub> (g)	E <sub>g</sub> (g)	h(g)	ΔL(g)	E <sub>g</sub> (g)	E <sub>c</sub> (g)		
10	10	0,8	-0,3								1
50	50	0,9	-0,4	-0,1		50	0,8	-0,3	0,0		1
1 000	1 000	0,7	-0,2	0,1		1 000	0,6	-0,1	0,2		1
2 000	2 000	0,6	-0,1	0,2		2 000	0,7	-0,2	0,1		1
5 000	5 000	0,8	-0,3	0,0		5 000	0,9	-0,4	-0,1		1
7 000	7 000	0,7	-0,2	0,1		7 000	0,7	-0,2	0,1		2
10 000	10 000	0,6	-0,1	0,2		9 999	0,8	-1,3	-1,0		2
15 000	15 000	0,9	-0,4	-0,1		15 000	0,6	-0,1	0,2		2
20 000	20 000	0,8	-0,3	0,0		19 999	0,8	-1,3	-1,0		2
25 000	25 000	0,7	-0,2	0,1		25 000	0,9	-0,4	-0,1		3
30 000	30 000	0,6	-0,1	0,2		30 000	0,6	-0,1	0,2		3

(\*\*) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,00000478 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,566 \text{ g}^2 + 0,0000000209 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga incrementada    E: Error encontrado    E<sub>g</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

R: en g

RIN DEL DOCUMENTO

Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.





Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 083 - 2019

Página: 1 de 3

Expediente : 025-2019  
 Fecha de Emisión : 2019-05-17

**1. Solicitante** : GEOMG S.A.C.  
**Dirección** : MZA. J2 LOTE. 8 URB. LOS HEROES - NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**2. Instrumento de Medición** : BALANZA  
**Marca** : OHAUS  
**Modelo** : E1K210  
**Número de Serie** : 1116482073  
**Alcance de Indicación** : 12000 g  
**División de Escala de Verificación ( e )** : 1 g  
**División de Escala Real (d)** : 0,1 g  
**Procedencia** : SUIZA  
**Identificación** : NO INDICA  
**Tipo** : ELECTRÓNICA  
**Ubicación** : LABORATORIO  
**Fecha de Calibración** : 2019-05-16

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

**3. Método de Calibración**  
 La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del INACAL-DM.

**4. Lugar de Calibración**  
 LABORATORIO de GEOMG S.A.C.  
 MZA. J2 LOTE. 8 URB. LOS HEROES - NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

  
 Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631





Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 083 - 2019

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,2 °C	23,5 °C
Humedad Relativa	71 %	69 %

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1 y F2)	M-0660-2018
		LM-323-2018 / LM-324-2018
		LM-325-2018 / LM-356-2018
		LM-114-2019 / LM-115-2019

7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial			Final		
	23,2			23,5		
	Carga L1 <sup>m</sup> 6 000,0 g			Carga L2 <sup>m</sup> 12 000,0 g		
	f(g)	ΔL(g)	E(g)	f(g)	ΔL(g)	E(g)
1	6 000,1	0,06	0,09	12 000,2	0,07	0,18
2	6 000,2	0,07	0,18	12 000,2	0,06	0,19
3	6 000,2	0,06	0,19	12 000,2	0,08	0,17
4	6 000,2	0,08	0,17	12 000,2	0,09	0,16
5	6 000,2	0,09	0,16	12 000,2	0,07	0,18
6	6 000,2	0,06	0,19	12 000,3	0,08	0,27
7	6 000,2	0,09	0,16	12 000,3	0,08	0,29
8	6 000,2	0,08	0,17	12 000,3	0,07	0,28
9	6 000,2	0,07	0,18	12 000,3	0,08	0,27
10	6 000,2	0,08	0,17	12 000,3	0,09	0,26
Diferencia Máxima			0,10	0,13		
Error máximo permitido ±			2 g	± 2 g		

Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 083 - 2019

Página: 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	23,5	23,5

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l(g)	Δl(g)	E <sub>0</sub> (g)	Carga (g)	l(g)	Δl(g)	E <sub>0</sub> (g)	E <sub>c</sub> (g)
1	1,0	1,0	0,09	-0,04	4 000,0	4 000,0	0,06	-0,01	0,03
2		1,0	0,07	-0,02		3 999,9	0,08	-0,13	-0,11
3		1,0	0,06	-0,01		4 000,1	0,09	0,06	0,07
4		1,0	0,08	-0,03		4 000,1	0,07	0,08	0,11
5		1,0	0,09	-0,04		4 000,1	0,06	0,09	0,13

(\*) valor entre 0 y 10 s

Error máximo permitido: ± 1 g

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. (°C)	23,5	23,5

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	Δl(g)	E <sub>0</sub> (g)	E <sub>c</sub> (g)	l(g)	Δl(g)	E <sub>0</sub> (g)	E <sub>c</sub> (g)	
1,0	1,0	0,07	-0,02	-0,02					1
5,0	5,0	0,09	-0,04	-0,02	5,0	0,09	-0,04	-0,02	1
10,0	10,0	0,08	-0,03	-0,01	10,0	0,06	-0,01	0,01	1
50,0	50,0	0,07	-0,02	0,00	49,9	0,08	-0,13	-0,11	1
100,0	100,0	0,06	-0,01	0,01	100,0	0,07	-0,02	0,00	1
1 000,0	1 000,0	0,09	-0,04	-0,02	1 000,0	0,06	-0,01	0,01	1
2 000,0	2 000,0	0,07	-0,02	0,00	2 000,1	0,06	0,07	0,09	1
5 000,0	5 000,2	0,06	0,19	0,21	5 000,1	0,06	0,09	0,11	1
7 000,0	7 000,2	0,07	0,16	0,20	7 000,2	0,06	0,17	0,19	2
10 000,0	10 000,3	0,06	0,27	0,29	10 000,2	0,07	0,18	0,20	2
12 000,0	12 000,3	0,09	0,25	0,28	12 000,3	0,09	0,26	0,28	2

(\*\*) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000305 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,00546 \text{ g}^2 + 0,00000000764 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error escorado    E<sub>c</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO

Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LC - 033



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 084 - 2019

Página 1 de 3

Expediente : 025-2019  
Fecha de Emisión : 2019-05-17

**1. Solicitante** : GEOMG S.A.C.

**Dirección** : MZA. J2 LOTE. 8 URB. LOS HEROES - NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**2. Instrumento de Medición** : BALANZA

**Marca** : RADWAG

**Modelo** : PS4500/C/1

**Número de Serie** : NO INDICA

**Alcance de Indicación** : 4500 g

**División de Escala de Verificación ( e )** : 0,1 g

**División de Escala Real ( d )** : 0,01 g

**Procedencia** : NO INDICA

**Identificación** : NO INDICA

**Tipo** : ELECTRÓNICA

**Ubicación** : LABORATORIO

**Fecha de Calibración** : 2019-05-16

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

### 3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del INACAL-DM.

### 4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de GEOMG S.A.C.  
MZA. J2 LOTE. 8 URB. LOS HEROES - NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

PT-06 F05 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.





Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 084 - 2019

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,8 °C	24,0 °C
Humedad Relativa	68 %	68 %

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1)	M-0660-2018
		LM-323-2018 / LM-324-2018
		LM-325-2018 / LM-356-2018

7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial			Final		
	23,8			23,9		
	Carga L1= 2 250,00 g			Carga L2= 4 500,01 g		
	Itg)	ΔI(mg)	E(mg)	Itg)	ΔI(mg)	E(mg)
1	2 250,06	6	57	4 500,16	6	149
2	2 250,08	6	79	4 500,14	8	127
3	2 250,07	9	66	4 500,22	9	206
4	2 250,10	7	96	4 500,12	6	109
5	2 250,06	8	57	4 500,24	8	227
6	2 250,10	9	96	4 500,21	7	198
7	2 250,07	6	69	4 500,12	6	109
8	2 250,08	9	76	4 500,12	9	106
9	2 250,11	8	107	4 500,15	8	137
10	2 250,09	9	86	4 500,16	6	149
Diferencia Máxima	50			121		
Error máximo permitido	± 300 mg			± 300 mg		

Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 084 - 2019

Página: 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>g</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga máxima (g)	lg	ΔL(mg)	E <sub>g</sub> (mg)	Carga (g)	lg	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)
1	0,10	0,09	7	-12	1 500,00	1 500,01	7	8	20
2		0,10	5	0		1 500,00	6	-1	-1
3		0,10	6	-1		1 500,00	6	-3	-2
4		0,09	8	-13		1 500,03	6	29	42
5		0,09	7	-12		1 500,00	8	-3	9

Temp. (°C)      Inicial: 23,9      Final: 24,2

Error máximo permitido: ± 200 mg

(\*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	lg	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)	lg	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
0,10	0,10	9	-4						100
0,50	0,50	8	-3	1	0,49	8	-13	-9	100
10,00	10,00	6	-1	3	10,00	6	-1	3	100
50,00	50,00	7	-2	2	49,99	9	-14	-10	100
100,00	100,00	8	-3	1	99,99	7	-12	-8	100
1 000,00	1 000,00	6	-1	3	999,99	8	-13	-9	200
2 000,00	1 999,98	9	-24	-20	1 999,98	6	-21	-17	200
2 500,00	2 500,00	8	-3	1	2 500,00	9	-4	0	300
3 000,00	2 999,98	7	-22	-18	3 000,03	8	27	31	300
4 000,01	4 000,09	9	76	80	4 000,11	9	96	100	300
4 500,01	4 500,18	6	169	173	4 500,18	6	169	173	300

Temp. (°C)      Inicial: 24,2      Final: 24,0

(\*\*) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,00000973 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,00214 \text{ g}^2 + 0,00000000585 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza      ΔL: Carga Incrementada      E: Error encendido      E<sub>c</sub>: Error en cero      E<sub>g</sub>: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO

Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.





Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 193 - 2019

Página : 1 de 2

Expediente : 025-2019  
Fecha de emisión : 2019-05-17

1. Solicitante : GEOMG S.A.C.

Dirección : MZA. J2 LOTE. 8 URB. LOS HEROES - NUEVO  
CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL

Marca de Prensa : DCSI  
Modelo de Prensa : CC-30010  
Serie de Prensa : 120  
Capacidad de Prensa : 100 t

Marca de indicador : HIGH WEIGHT  
Modelo de Indicador : 315-X8  
Serie de Indicador : 2019688

Marca de Transductor : ZEMIC  
Modelo de Transductor : YB15  
Serie de Transductor : 4441

Bomba Hidráulica : ELÉCTRICA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración  
LABORATORIO DE GEOMG S.A.C.  
16 - MAYO - 2019

4. Método de Calibración  
La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 090-2018	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

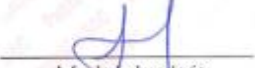
	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,5	24,4
Humedad %	71	70

7. Resultados de la Medición  
Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 193 - 2019

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
10000	9909	9918	0,91	0,82	9913,4	0,87	-0,09
20000	19855	19856	0,73	0,72	19855,0	0,73	-0,01
30000	29761	29770	0,80	0,77	29765,5	0,79	-0,03
40000	39677	39681	0,81	0,80	39679,1	0,81	-0,01
50000	49734	49914	0,53	0,17	49824,2	0,35	-0,36
60000	60111	59928	-0,18	0,12	60019,6	-0,03	0,30
70000	70200	70268	-0,29	-0,38	70234,1	-0,33	-0,10

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:  
 $Ep = ((A-B) / B) * 100$        $Rp = Error(2) - Error(1)$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %
- Coefficiente Correlación :  $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste :  $y = 0,9952x + 294,64$

Donde: x : Lectura de la pantalla  
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

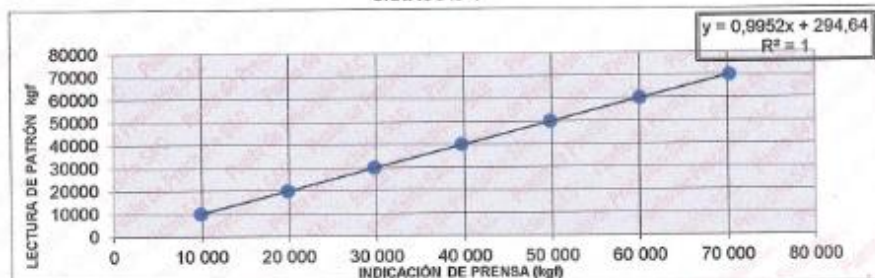
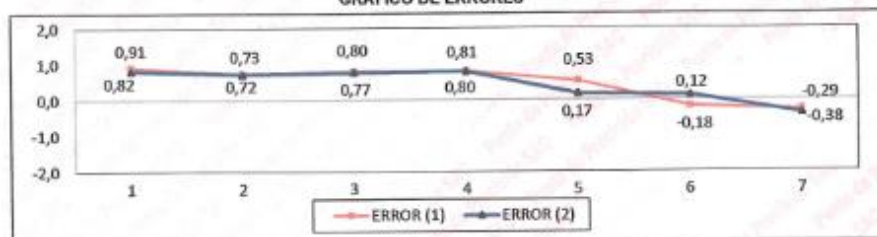


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 008 - 2019

Página : 1 de 4

Expediente : T 004-2019  
Fecha de emisión : 2019-01-14

1. Solicitante : GEOMG S.A.C.

Dirección : MZA. J2 LOTE. 8 URB. LOS HEROES - NUEVO  
CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

El instrumento de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado, probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Instrumento de Medición : ESTUFA

Indicación : DIGITAL

Marca del Equipo : QL

Modelo del Equipo : 21-250-1

Serie del Equipo : B221-0040

Capacidad del Equipo : 215 L

Marca de indicador : AUTONICS

Modelo de indicador : T2N4S

Temperatura calibrada : 80 °C

Código de Identificación : NO INDICA

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

### 3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE GEOMG S.A.C. - ANCASH  
11 - ENERO - 2019

### 4. Método de Calibración

La calibración se efectuó según el procedimiento de calibración PC-018 del Servicio Nacional de Metrología del INACAL - DM.

### 5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMOMETRO DIGITAL	DELTA OHM	LT - 075 - 2018	INACAL - DM
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT - 0747 - 2017	INACAL - DM

### 6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27,5	26,7
Humedad %	67	68


### 7. Conclusiones

La estufa se encuentra dentro de los rangos 80 °C ± 5 °C para la realización de los ensayos de laboratorio según la norma ASTM.

### 8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.





Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 008 - 2019

Página : 2 de 4

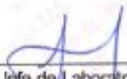
### CALIBRACIÓN PARA 80 °C

Tiempo (min.)	Ind. (°C) Temperatura del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom. (°C)	ΔT <sub>Max.</sub> - T <sub>Mín.</sub> (°C)
		NIVEL INFERIOR					NIVEL SUPERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	80,2	77,6	77,2	76,4	77,1	75,9	77,1	77,0	76,9	76,5	79,2	77,5	3,3
2	80,2	77,6	77,1	78,3	77,2	75,1	77,1	77,0	78,9	76,5	79,2	77,4	4,1
4	80,3	77,3	77,3	78,3	77,3	75,4	77,3	77,1	78,3	76,1	79,4	77,4	4,0
6	80,6	77,8	77,3	78,4	77,2	75,2	77,4	77,8	78,4	76,4	79,5	77,5	4,3
8	80,6	77,4	77,4	78,9	77,1	75,3	77,3	77,5	78,2	76,3	79,4	77,5	4,1
10	80,4	77,3	77,8	78,5	77,5	75,4	77,3	77,1	78,5	76,8	79,8	77,6	4,4
12	80,4	77,8	77,9	78,6	77,9	75,6	77,2	77,3	78,5	76,3	79,6	77,7	4,0
14	80,1	77,9	77,6	78,1	77,6	75,9	77,4	77,2	78,6	76,4	79,1	77,6	3,2
16	80,2	77,5	77,3	78,4	77,8	75,4	77,4	77,6	78,4	76,4	79,8	77,6	4,4
18	80,4	77,4	77,8	78,2	77,9	75,3	77,5	77,9	78,4	78,8	79,3	77,7	4,0
20	80,6	77,1	77,9	78,9	77,3	75,1	77,5	77,8	78,3	76,9	79,1	77,6	4,0
22	80,7	77,3	77,4	78,6	77,1	75,2	77,8	77,9	78,6	76,4	79,8	77,6	4,6
24	80,6	77,9	77,2	78,9	77,6	75,9	77,9	77,2	78,4	76,2	79,6	77,7	3,7
26	80,4	77,9	77,3	78,6	77,8	75,4	77,3	77,1	78,2	76,2	79,1	77,5	3,7
28	80,7	77,3	77,6	78,4	77,3	75,6	77,6	77,3	78,1	76,1	79,6	77,5	4,2
30	80,6	77,5	77,4	78,1	77,9	75,9	77,5	77,3	78,4	76,4	79,3	77,6	3,4
32	80,9	77,4	77,1	78,6	77,4	75,3	77,6	77,3	78,6	76,3	79,4	77,5	4,1
34	80,3	77,3	77,9	78,9	77,2	75,8	77,3	77,6	78,9	76,9	79,4	77,7	3,6
36	80,2	77,6	77,6	78,3	77,1	75,9	77,1	77,8	78,9	76,1	79,6	77,6	3,7
38	80,3	77,9	77,4	78,1	77,9	75,4	77,6	77,9	78,4	76,4	79,8	77,7	4,4
40	80,1	77,8	77,8	78,5	77,3	75,4	77,6	77,4	78,2	76,6	79,4	77,6	4,0
42	80,2	77,3	77,9	78,6	77,9	75,6	77,3	77,1	78,3	76,9	79,8	77,7	4,2
44	80,3	77,9	77,3	78,4	77,8	75,9	77,9	77,1	78,4	76,9	79,6	77,7	3,7
46	80,6	77,8	77,5	78,4	77,6	75,3	77,4	77,6	78,2	76,4	79,3	77,6	4,0
48	80,6	77,2	77,4	78,1	77,9	75,4	77,9	77,5	78,6	76,1	79,4	77,6	4,0
50	80,9	77,3	77,1	78,3	77,5	75,2	77,6	77,3	78,4	76,8	79,5	77,5	4,3
52	80,9	77,6	77,1	78,4	77,2	75,1	77,8	77,8	78,9	76,4	79,1	77,5	4,0
54	80,6	77,4	77,6	78,5	77,3	75,2	77,4	77,9	78,6	76,8	79,6	77,7	4,6
56	80,4	77,4	77,6	78,9	77,9	75,8	77,3	77,6	78,2	76,4	79,6	77,7	3,8
58	80,3	77,9	77,3	78,6	77,6	75,3	77,6	77,8	78,4	76,9	79,8	77,7	4,5
60	80,2	77,6	77,2	78,1	77,1	75,9	77,5	77,4	78,4	76,3	79,4	77,5	3,5
T. PROM	80,4	77,5	77,5	78,5	77,5	75,5	77,5	77,5	78,5	76,5	79,5	77,6	
T. MAX	80,9	77,9	77,9	78,9	77,9	75,9	77,9	77,9	78,9	76,9	79,8		
T. MIN	80,1	77,1	77,1	78,1	77,1	75,1	77,1	77,0	78,1	76,1	79,1		
DTT	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,7		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	79,8	0,4
Mínima Temperatura Medida	75,1	0,5
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,9	0,2
Desviación de Temperatura en el Espacio	4,0	0,3
Estabilidad Media (±)	0,45	0,02
Uniformidad Medida	4,7	0,1

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición  
 Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" esta dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.  
 La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k =2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.



  
 Jefe de Laboratorio  
 Ing. Luis Loayza Capcha  
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
 www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
 PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



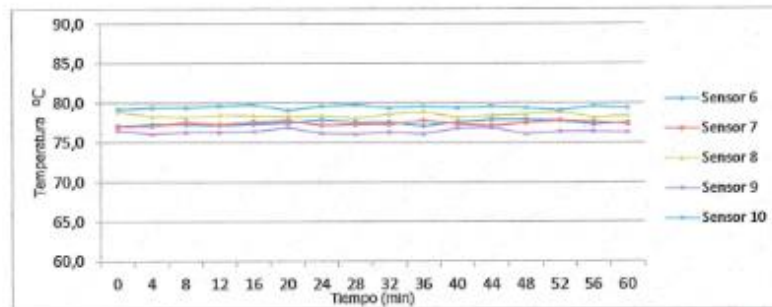
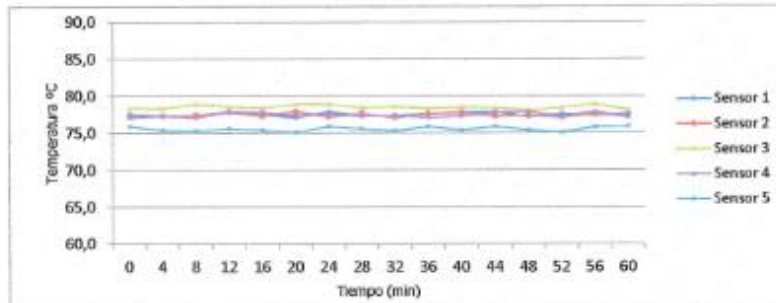
Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 008 - 2019

Página : 3 de 4

## TEMPERATURA DE TRABAJO 80 °C



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loeyza Capcha  
Reg. CIP N° 152631





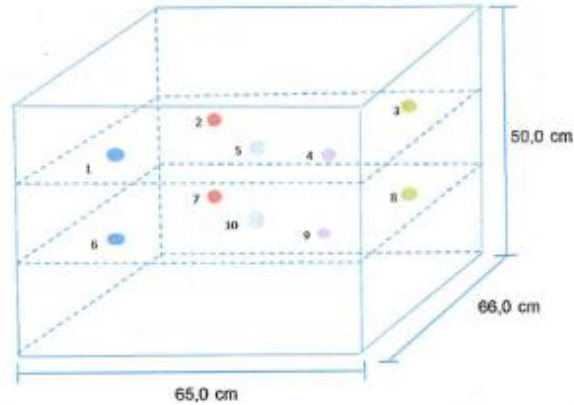
Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 006 - 2019

Página : 4 de 4


### DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL EQUIPO



- Los Sensores 5 y 10 se ubicaron sobre sus respectivos niveles.
- Los demas sensores se ubicaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y del frente del equipo.
- Los Sensores del nivel superior se ubicaron a 1,5 cm por encima de la altura mas alta que emplea el usuario.
- Los Sensores del nivel inferior se ubicaron a 1,5 cm por debajo de la pantalla más baja.

FIN DEL DOCUMENTO



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 004 - 2019

Página : 1 de 2

Expediente : T 004-2019  
 Fecha de emisión : 2019-01-14

1. Solicitante : GEOMG S.A.C.  
 Dirección : MZA. J2 LOTE. 8 URB. LOS HEROES - NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : COMPARADOR DE CUADRANTE  
 Tipo de Indicación : ANALÓGICA  
 Alcance de Indicación : 0 mm a 10 mm  
 División de Escala : 0,01 mm  
 Marca : BAKER  
 Tipo : J02  
 Serie : R1834

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicado ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración  
LABORATORIO DE GEOMG S.A.C. - ANCASH  
11 - ENERO - 2019

4. Método de Calibración  
La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el Procedimiento de calibración de Comparadores de cuadrante PC-014 (2da Edición 2001) del servicio nacional de metrología, del INACAL - DM.

### 5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
BLOQUES PLANOPARALELOS	INSIZE	LLA - C - 045 - 2016	INACAL - DM

### 6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	26,8	26,9
Humedad %	67	67

### 7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.  
Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LL - 004 - 2019

Página : 2 de 2

### Resultados

#### ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN ( $f_a$ )

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
0,00	0,00	0,00
1,00	1,01	0,01
2,00	2,02	0,02
3,00	3,01	0,01
4,00	4,01	0,01
5,00	5,02	0,02
6,00	6,02	0,02
8,00	8,01	0,01
9,00	9,02	0,02
10,00	10,01	0,01

Alcance de error de indicación ( $f_a$ ) : 0,02 mm  
Incertidumbre del error de indicación :  $\pm 3 \mu\text{m}$

#### ERROR DE REPETIBILIDAD ( $f_{rr}$ )

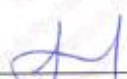
VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
5,00	5,01	0,01
	5,02	0,02
	5,01	0,01
	5,02	0,02
	5,02	0,02

Error de Repetibilidad ( $f_{rr}$ ) : 0,02 mm  
Incertidumbre de medición :  $\pm 3 \mu\text{m}$

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

FIN DEL DOCUMENTO



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 005 - 2019

Página : 1 de 2

Expediente : T 004-2019  
Fecha de emisión : 2019-01-14

1. Solicitante : GEOMG S.A.C.

Dirección : MZA. J2 LOTE. 8 URB. LOS HEROES - NUEVO  
CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo, Indicado ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Instrumento de Medición : COMPARADOR DE CUADRANTE

Tipo de Indicación : ANALÓGICA

Alcance de Indicación : 0 mm a 10 mm

División de Escala : 0,01 mm

Marca : BAKER

Tipo : J02

Serie : N5601

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración  
LABORATORIO DE GEOMG S.A.C. - ANCASH  
11 - ENERO - 2019

#### 4. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el Procedimiento de calibración de Comparadores de cuadrante PC-014 (2da Edición 2001) del servicio nacional de metrología, del INACAL - DM.

#### 5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
BLOQUES PLANOPARALELOS	INSIZE	LLA - C - 045 - 2016	INACAL - DM


#### 6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27	27,1
Humedad %	67	67

#### 7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.  
Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 005 - 2019

Página : 2 de 2

### Resultados

#### ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN ( $f_e$ )

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
0,00	0,00	0,00
1,00	1,01	0,01
2,00	2,01	0,01
3,00	3,01	0,01
4,00	4,02	0,02
5,00	5,02	0,02
6,00	6,01	0,01
8,00	8,02	0,02
9,00	9,01	0,01
10,00	10,02	0,02

Alcance de error de indicación ( $f_e$ ) : 0,02 mm  
Incertidumbre del error de indicación :  $\pm 3 \mu\text{m}$

#### ERROR DE REPETIBILIDAD ( $f_{rr}$ )


VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
5,00	5,02	0,02
	5,03	0,03
	5,02	0,02
	5,02	0,02
	5,01	0,01

Error de Repetibilidad ( $f_{rr}$ ) : 0,03 mm  
Incertidumbre de medición :  $\pm 3 \mu\text{m}$

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

FIN DEL DOCUMENTO



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095  
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.