



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Comportamiento de los agregados chancados al 100% y
agregado convencional en una mezcla asfáltica en caliente para
un alto tránsito vehicular, Lima-2019**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORA:

Romero Tamaris, Anahi Arlethe (ORCID: 0000-0003-4887-3436)

ASESOR:

Mg. Benitez Zuñiga, Jose Luis (ORCID: 0000-0003-4459-494X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2020

DEDICATORIA

El presente proyecto está dedicado a mi familia. A mis padres y hermanas por su apoyo incondicional y confianza. A mi padre por apoyarme siempre y brindarme todos los recursos necesarios, estar a mi lado apoyándome y aconsejándome . A mi madre por estar ahí dándome consejos, palabras de aliento, enseñanzas. A mis hermanas y sobrino por estar ahí siempre presente, cuidándome, brindándome cariño, confianza.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi padre por apoyarme con sus conocimientos en el desarrollo de esta investigación.

Agradezco al Mg. Ing. José Luis Benites Zúñiga por su apoyo durante el proceso de desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE.....	iv
RESUMEN	viii
ABSTRAC	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III.MÉTODO	35
3.1. Tipo y diseño de investigación	35
3.2 Variables de Operacionalización	36
3.3 Población, muestra y muestreo.....	37
3.4 Técnica e instrumento de redacción de datos, validez y confiabilidad	38
3.5 Procedimiento	38
3.6 Método de Análisis de Datos	39
3.7 Aspectos Éticos	40
IV. RESULTADOS	41
V. DISCUSIÓN	41
VI. CONCLUSIÓN.....	66
VII. RECOMENDACIÓN	68
REFERENCIAS.....	77
ANEXOS.....	69

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimiento para el agregado grueso.....	15
Tabla 2. Requerimiento para el agregado fino	16
Tabla 3. Selección del tipo de cemento.....	24
Tabla 4. <i>Causa y Efectos de la estabilidad en el pavimento</i>	26
Tabla 5. <i>Causa y efecto de problemas de trabajabilidad</i>	27
Tabla 6. Índice de flujo vehicular	29
Tabla 7. Índice nacional del flujo vehicular, 2017 -2019.....	30
Tabla 8. Criterios de diseño de mezcla Marshall	31
Tabla 9. Mínimo porcentaje de vacíos de agregado mineral (VMA).....	32
Tabla 10. <i>Gradaciones de los Agregados para mezcla asfáltica en caliente</i>	32
Tabla 11. Gradación ASTM D 3515	33
Tabla 12. <i>Graduaciones para la mezcla superpave</i>	41
Tabla 13. <i>Tamaño máximo nominal ½</i>	42
Tabla 14. <i>Requerimientos para la mezcla EG 2013</i>	42
Tabla 15. Resultados - Ensayo físicos Agregado Grueso.....	44
Tabla 16. Resultados - Ensayo físico Agregado Fino	44
Tabla 17. Pesos mínimos del Agregado Grueso.....	45
Tabla 18. Resumen general de los ensayos físicos de los agregados	46
Tabla 19. Dosificaciones para la granulometría MAC-2.....	46
Tabla 20. Resultados de la Gradación MAC-2.....	47
Tabla 21. Resultados del Método Marshall - %CA	48
Tabla 22. Resultados Marshall - Óptimo %CA - Diseño Convencional.....	48
Tabla 23. Ensayos físicos-Agregado grueso-Diseño chancado al 100%	52
Tabla 24. Ensayos físicos-Agregado fino-Diseño chancado al 100%	52
Tabla 25. Cantidad mínima de muestra de agregado grueso.....	53
Tabla 26. Resumen general de agregados chancados al 100%.....	53
Tabla 27. Dosificación para la granulometría ASTM D 3515	54
Tabla 28. Resultados de la combinación teórica ASTMD-3515	54
Tabla 29. Restricción de la superpave.....	55

Tabla 30. Resultados Método Marshall - %CA.....	57
Tabla 31. Resultado - Óptimo %CA - Diseño agregado chancado al 100%	57
Tabla 32. APU - Diseño Convencional	58
Tabla 33. APU - Diseño con agregado chancado al 100%	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Cuerpo Esquelético del agregado pétreo	18
Figura 2. Comportamiento del agregado a la carga de corte	18
Figura 3. Comportamiento de los agregados en las pilas de acopio	19
Figura 4. Fuente Propia – Over	19
Figura 5. Cono secundario	20
Figura 6. Cono Terciario	20
Figura 7. VMA en una probeta de mezcla compactada	24
Figura 8. Resistencia al deslizamiento	28
Figura 9. Límites para la granulometría	34
Figura 10. Gráfico del tamaño máximo nominal 12.5mm.....	42
Figura 11. Mapa político de la provincia de Lima.	41
Figura 12. Mapa político del Perú.	41
Figura 13. Mapa distrital de Lima Metropolitana.....	42
Figura 14. Mapa distrital de Lurigancho.....	42
Figura 15. Piedra chancada-Carapongo	43
Figura 16. Arena Chancada - Carapongo.....	51
Figura 17. Arena Zarandeada-Carapongo.....	43
Figura 18. Curva granulométrica MAC-2	47
Figura 19. Mapa político de la provincia de Lima	49
Figura 20. Mapa distrital de Huaura.....	50
Figura 21. Ubicación de la cantera Acaray.....	50
Figura 22. Cantera Acaray-Proceso de agregado chancado	51
Figura 23. Piedra Grueso - Acaray.	51
Figura 24. Arena Chancada - Acaray.....	59
Figura 25. Curva granulométrica ASTM D 3515.....	55
Figura 26. Restricción de la granulometría Superpave	56
Figura 27. Comparación - Resultado Flujo.....	59
Figura 28. Comparación - Resultado Estabilidad.....	60
Figura 29. Comparación - Resultado Índice de Rigidez.....	61

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo general, determinar si el agregado chancado al 100% influye de manera positiva en la mezcla asfáltica en caliente a diferencia del agregado convencional. Esta investigación analizó el comportamiento del agregado chancado al 100% en la MAC, además de los beneficios ambientales y económicos a diferencia de un agregado convencional. Teniendo como diseño cuasi – experimental de tipo aplicado con nivel explicativo–correlacional y enfoque cuantitativo. Para ello, se realizó el método Marshall realizando una comparación de ambos diseños de MAC con % CA (4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% y 6.5%) y la dosificación del diseño convencional es (35% piedra chancada, 22% arena chancada, 40% arena zarandeada, 3% cal hidratada) y el diseño con agregados chancados al 100% (48% de piedra y 52% arena chancada), PEN 60/70 Y 0.5% de aditivo Quimibond 3000 para ambos diseños. Obteniendo como resultado mediante los gráficos Marshall, el agregado chancado al 100% en la MAC presenta mejor comportamiento en la mezcla asfáltica en caliente con buena trabajabilidad 6.1%, flujo 3.2 mm, estabilidad 1210.3 kg e índice de rigidez 3490 kg/cm, teniendo buen cuerpo esquelético de forma cúbica influyendo de forma positiva en la MAC con buena resistencia ante la carga máxima que tiene la estabilidad Marshall, y la deformación de carga máxima del flujo. Concluyendo así, que el agregado chancado al 100% presenta buena resistencia en la MAC, con un ahorro en el costo de APU de los agregados de S/. 35.82 por m³ respecto a los diseños de MAC convencionales.

Palabras clave: Mezcla asfáltica en caliente, agregado chancado al 100%, agregado convencional

ABSTRAC

This general research aims to determine whether the 100% crushed aggregate positively influences the hot asphalt mixture as opposed to conventional aggregate. This research analyzes how 100% crushing aggregate behaves in MAC, in addition to the environmental and economic benefits as opposed to a conventional aggregate. Having as a causi- experimental design applied type with explanatory-correlated level and quantitative approach. To do this, the Marshall method was performed by comparing both MAC designs with %CA (4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0% and 6.5%) and as a conventional design dosage (32% crushed stone, 22% crushed sand, 44% shaken sand, 5% hydrated lime) and design with 100% flipped aggregates (48% stone and 52% crushed sand), PEN 60/70 Y 0.5% Quimibond additive for both designs. Obtaining as a result using Marshall graphics, the 100% crushed aggregate on the MAC exhibits better behavior in the hot asphalt mix with good workability 6.1%, flow 3.2 mm, stability 1210.3 k and stiffness index 3490 kg/cm, having good skeletal body cubicy influencing positively on the MAC with good resistance to the maximum load that Marshall stability has, and the maximum load deformation of the flow. Thus, the 100% crushed aggregate presented good resistance in the MAC, with a saving in the APU cost of aggregates S/. 35.82 compared to conventional MAC designs

Keywords: Hot asphalt mix, 100% flipped aggregates, conventional aggregate

I. INTRODUCCION

El problema que se tiene en el Perú son las construcciones de infraestructura vial, que al pasar del tiempo se observa las carreteras en mal estado y no han llegado a cumplir su vida útil según sus diseños de proyecto y esto es debido al uso de diseños convencionales que se sigue empleando en nuestro país. Antiguamente se realizaban diseños con bajo porcentajes de grava chancada, poco porcentaje de arena chancada y alto contenido de arena zarandeada, alto cemento asfáltico, ocasionando ahuellamientos, envejecimiento prematuro del pavimento y fisuras debido al alto contenido vehicular.

Siendo uno de los principales problemas que hay en el Perú, lo cual el volumen de tráfico vehicular va en aumento y eso implica el mantenimiento de las carreteras y su conservación. En cualquier parte del Perú donde hay mayor tránsito vehicular habrá un aumento de cargas de manera constante, por lo cual se deben realizar diseños para ese tipo de cargas, siendo así que cuando no se cumple con los requerimientos se ve dañada las pistas con deformaciones permanentes, diferentes tipos de fallas, las fallas por fatiga debido a las cargas que recibe, según sea el caso.

El Perú posee muchas vías asfaltadas, generando un alto costo en las reparaciones de mantenimiento, debido al mal estado de las carreteras. Por ello se debería de invertir en nuevos diseños de mezcla asfáltica en caliente con agregados al 100 % chancado debido al incremento de ejes de equivalencia cada año que pasa. Buscando que tenga una buena resistencia y la textura más rugosa en la capa de rodadura, aplicando la gradación ASTM 3515, a diferencia de los diseños convencionales que se aplican la gradación MAC -2

Debido al uso de diseños convencionales de mezcla asfáltica en caliente, se genera mayor contaminación debido al lavado de la arena natural, siendo estos diseños más costosos, en cambio sí se invierte en nuevos diseños como los agregados

chancados el costo sería menor, menor contaminación, más tiempo de vida útil tendría la carpeta asfáltica.

En la formulación del problema, teniendo en cuenta la realidad problemática, el uso del diseño de mezcla asfáltica en caliente con agregados chancados al 100% aplicando la gradación ASTM D 3515 comparando con un diseño de mezcla convencionales que se aplica la gradación MAC-2

Problema general

¿De qué manera influyen los agregados chancados al 100% a diferencia del agregado convencional en la mezcla asfáltica en caliente?

Problema específico

¿De qué manera influye el flujo en la mezcla asfáltica en caliente con agregados chancados al 100% a diferencia del agregado convencional?

¿De qué manera influye la estabilidad en la mezcla asfáltica en caliente con agregados chancados al 100% a diferencia del agregado convencional?

¿Cómo afectará el índice de rigidez de una mezcla asfáltica en caliente con agregados chancados al 100% a diferencia de una mezcla convencional?

Justificación Teórico

Esta investigación tiene un enfoque teórico que busca proponer un nuevo diseño de MAC empleando agregados chancados al 100%, para así tener un buen cuerpo esquelético (rugoso) y una resistencia para alto tránsito vehicular, siendo más económico el diseño y menos contaminación ambiental.

Justificación Práctico

Esta investigación será de aporte a los nuevos investigadores que realicen investigaciones respecto a diseños de mezclas asfálticas en calientes aplicando

agregados chancados al 100%, Por lo tanto, tendrán las normas y especificaciones técnicas necesarios para llevar a cabo en diferentes proyectos.

Justificación Económica

El diseño de mezcla asfáltica aplicando agregados chancados al 100%, es más económica reduciendo costos en comparación de un diseño de mezcla convencional.

Justificación Social

La realización de esta investigación es importante y tiene buenos beneficios contribuyendo con el medio ambiente.

Justificación Metodológica

En esta investigación se empleará la ASTM D 3515, aplicando su gradación para la granulometría, también el Diseño de Marshall, MTC E-504, AASHTO, para los ensayos correspondientes para esta investigación.

Objetivos generales

Determinar si el agregado chancado al 100% influirá en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente a diferencia de un agregado convencional

Objetivos específicos

Determinar el flujo en las mezclas asfálticas en caliente con agregados chancados al 100% a diferencia del agregado convencional

Determinar la estabilidad en las mezclas asfálticas en caliente con agregados chancados al 100% a diferencia del agregado convencional

Determinar el efecto que tiene el índice de rigidez de una mezcla asfáltica en caliente con agregados chancados al 100% a diferencia de un agregado convencional

Hipótesis general

El agregado chancado influirá de manera positiva al diseño de mezcla asfáltica en caliente a diferencia del agregado convencional.

Hipótesis específico

El agregado chancado al 100% ayudará a mejorar el flujo en la mezcla asfáltica en caliente a diferencia del agregado convencional.

El agregado chancados al 100% ayudará a mejorar la estabilidad en la mezcla asfáltica en caliente a diferencia del agregado convencional.

Empleando agregado chancado al 100% mejorará el índice de rigidez de una mezcla asfáltica en caliente a diferencia de un agregado convencional.

II. MARCO TEÓRICO

Ramírez y Tananta (2018), con su Tesis titulada *“Diseño de carpeta asfáltica aplicando gránulos reciclado para mejorar la transitabilidad del Jr. San Martín, distrito de Tabalosos-2018”* tuvo el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Cesar Vallejo, cuya investigación tuvo como **objetivo** diseñar mezclas asfálticas por el Método Marshall aplicándole gránulos de plástico y método convencional determinando las propiedades físicas y estructurales de ambas mezclas. Su **metodología** fue: experimental descriptiva, la **población** fue las vías del distrito de Tabalosos con una **dosificación** para la mezcla asfáltica: Grava chancada < 1/2 **30%** y la Arena chancada < 3/8 **25%** son de la cantera Río Huallaga, la Arena Natural **15%** de la cantera Río Cumbaza, Aditivo Quimi bond **3000-0.5%**, PEN **60/70** y los Gránulos de plástico reciclado-plasterbase plásticos **30%**. Sus **Técnicas** fueron: Levantamiento topográfico, estudio de suelos, la observación y el trabajo en gabinete y sus **Instrumentos**: la recolección de datos en Excel, el programa Civil CAD, Fichas técnicas, Materiales e implementos de oficina. Sus principales **resultados** fueron: para diseño de mezcla convencional **óptimo % de cemento** 5.82% y 5.67% con gránulos de plástico, **factor de estabilidad** para la mezcla fue 1096 kg el convencional y 1201 kg con gránulos de plástico, el **flujo** para cada diseño fue de 3.6 mm el convencional y 3.75 mm con gránulos de plástico y su **rigidez** para cada diseño fue 3044 el convencional y 3203 con gránulos de plástico. Se **concluyó** que: una mezcla modifica presentó un aumento de estabilidad resistiendo un 8.74% más que un convencional, su flujo presentó un aumento leve a diferencia del convencional, ambo se encontraron dentro de los parámetros de la norma que es de 2-4 y su rigidez presentó un 4.96% más que un convencional, entonces una mezcla modificada tuvo mayor rigidez, mejor comportamiento ante deformaciones y más vida útil al pavimento.

Estrada (2017), con su Tesis titulada *“Estudio y Análisis de desempeño de mezcla asfáltica pen 85/100 plus y Mezcla Asfáltica modificada con polímeros tipo SBS PG 70-80”* para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Andina del Cusco, cuya investigación tuvo como **objetivo general**

estudiar y evalúa el desempeño de mezclas asfálticas convencional PEN 85/100 Plus y modificada con polímero de tipo SBS PG 70/28 y determinar cuál de las mezclas asfálticas presenta mejor desempeño. Su **metodología** de la investigación fue, de tipo Cuantitativa con un nivel de investigación correlacional con su metodología de la investigación Hipotético – Deductivo y diseño de la metodología fue Experimental, tuvo como **población y muestra** 40 briquetas para tipo de mezcla asfáltica con la granulometría tipo ASTM D 3515 de huso 5 donde la dosificación, contó con **instrumentos metodológicos** como: las fichas técnicas del control del agregado. Sus **resultados** fueron: del contenido de Asfalto con PEN 85/100 PLUS obtuvieron 6.3% y 6.2% con PG 70-28; su estabilidad con PEN 85/100 PLUS 1382 kgf y PG 70-28 2047 kgf; su flujo con PEN 85/100 PLUS fue 14 mm y 14.1 mm PG-28, donde se **concluyó** que el uso de mezcla modificada con polímeros SBS PG 70-28 demostró tener mejor comportamiento mecánico y mayor desempeño a diferencia de mezcla convencional con PEN 85/100 Plus, lo que se demostró a través de los resultados obtenidos de (Estabilidad y Flujo) siendo la mezcla con polímeros SBS PG 70-28 superior a la mezcla convencional. Su recomendación fue tener en consideración el crecimiento exponencial del volumen de tráfico en el país, lo que lleva a tener más fallas prematuras en pavimentos, y el asfalto modificado con polímeros SBS PG 70-28 fue una de las alternativas más eficientes para que se emplea nuestras vías, ya que garantiza mayor durabilidad al pavimento ofreciendo mayor seguridad y confort al usuario.

Navarro (2017), con su tesis Titulada ***“Propuesta de diseño de mezclas asfálticas con adiciones de PET”*** para obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Señor de Sipán, cuya investigación tuvo como **objetivo general** elaborar una mezcla asfáltica en caliente con adiciones de PET, que permita determinar la Estabilidad y Flujo para pavimentos flexibles, su **diseño de investigación** fue: experimental. Se contó como **población** fue 3 briquetas tránsito (Liviano, medio y pesado) cuya dosificación para la mezcla fue: 65% de arena, 35% piedra, de 4.5% hasta 6.5% de PEN 60/70 y se procedió a agregarle entre 0.3% y 0.5% (malla N 40) de PET, los **instrumentos** fueron: los equipos del laboratorio.

Los **resultados** obtenidos fueron: ensayos realizados para Trafico Liviano, según las Especificaciones que obtuvieron un Factor de estabilidad de 10.25 KN (especificación de estabilidad Mínima es 5.34 kn) y el flujo fue de 540 kg [i.e.mm] (especificación de flujo es 544 kg [i.e.mm]) **concluyendo** que el uso de PET, como adicional para diseño de mezcla asfáltica influye de forma positiva para determinar el flujo vehicular, eso nos dice que su propuesta de diseño es factible solo para transito liviano (taxis, moto taxis), pasajes, calles secundarias, entre otros, ya que la mezcla con PET aumenta su volumen pero reduce su estabilidad y flujo para un determinado uso.

Villafana y Ramírez (2019), con su tesis titulada ***“Análisis del comportamiento de una mezcla asfáltica modificada con polímeros SBS Betutec IC y una mezcla asfáltica convencional 60/70”*** para obtener el título profesional de la Universidad Privada del Norte. Cuya investigación tuvo **objetivo general** analizar cuál de las mezclas presentaba mejor comportamiento mecánico. Su **metodología** de investigación tuvo como diseño experimental de tipo cuantitativa con nivel explicativa-correlacional, su **población y muestra** fue de 15 briquetas para la mezcla modificada con polímeros SBS con una **dosificación** de (piedra chancada 3/4 = 45%, Arena chancada 3/8 = 33%, Arena zarandeada 3/8 = 22%, BETUTEC IC-TDM asfalto SAC = 5.3%) y 15 briquetas para el convencional con una **dosificación** (piedra chancada 3/4 = 45%, Arena chancada 3/8 = 33%, Arena zarandeada 3/8 = 22%, BETUTEC IC-TDM asfalto SAC = 5.4%), además de 2 briquetas por diseño que fue para determinar la resistencia de deformación permanente. Su **técnica e instrumento** fueron la recolección de datos del laboratorio y sus instrumentos fueron las herramientas que se necesitó para el desarrollo de la investigación, también se contó con las canteras Rumi y Crushing y el asfalto de TDM Asfalto SAC. Sus principales **resultados** fueron: para ambos diseño el número de golpes fue de 75; para el diseño convencional 60/70 sus resultados fueron (el % de asfalto es de 5.4%, su estabilidad fue de 1373, su flujo de 3.47, su peso específico BULK de 2.433, el rice fue de 2.529, su % de vacío 3.8, su V.M.A. de 14.7 y la relación polvo/asfalto de 1.08, para la rueda de Hamburgo su

% de vacíos 6.8%, T° ensayos 50.0 °C, N° max. Pasadas 20,000, N° pasadas recibidas 20,000, profundidad 7.7, punto de inflexión 9500 pasadas) y para el diseño modificado BETUTEC IC sus resultados fueron (el % de asfalto es de 5.3%, su estabilidad fue de 1964, su flujo de 3.33, su peso específico BULK de 2.437, el rice fue de 2.525, su % de vacío 3.9, su V.M.A. de 14.8 y la relación polvo/asfalto de 1.11 para la rueda de Hamburgo su % de vacíos 6.7%, T° ensayos 50.0 °C, N° max. Pasadas 20,000, N° pasadas recibidas 20,000, profundidad 1.8, punto de inflexión no existe). Se **concluyó** que: para ambos diseños el % de asfalto más óptimo fue de Bitutec IC con 5.3%, con una estabilidad 1964 kgf superior del convencional, su flujo de 3.33 mm siendo el más recomendable, eso nos quiere decir que la mezcla modificada presentó mejor comportamiento mecánico. Por último el resultado que se obtuvo de la resistencia a la deformación, la mezcla modificada tuvo un valor de 1.8 mm que prácticamente tiene una deformación desapercibida y sin deformaciones a diferencia de un convencional que su valor fue de 7.7 mm eso presento mayor deformación de forma considerable siendo así que, en poco tiempo el pavimento tendrá fallas, hundimientos y desplazamientos de la carpeta, afirmando que la mezcla modificada tendrá mejor desempeño ante las deformaciones permanentes.

Rengifo y Vargas (2017), con su tesis titulada ***“Análisis comparativo entre pavimento flexible y pavimento flexible reciclado en las cuadras 1-29 de la Av. La Paz San Miguel – Lima”*** para obtener el título profesional de Ingeniero Civil de la Universidad de San Martín de Porres, cuyo **objetivo** de la investigación fue determinar la diferencia técnico-económico entre pavimento flexible y pavimento flexible reciclado. Su **metodología** fue cuantitativa de nivel descriptivo y diseño experimental. Tuvo como **diseño** para el pavimento reciclado con (piedra chancada 35%, arena chancada 50%, asfalto reciclado 15%, con la gradación MAC-2, Pen 60/70) y para el **diseño convencional** con (piedra chancada 38% y arena chancada 62%, con la gradación MAC-2, Pen 60/70), sus **instrumentos** fueron los ensayos que se aplicaron en el laboratorio. Sus **resultados** obtenidos fueron: para el pavimento reciclado (% de cemento asfáltico 5.8%, Peso unitario 2.390, % vacíos

aire 4%, la estabilidad 1170 kg, V.M.A. 16.7%, V.F.A. 76.1%, flujo 12.8mm, Índice de rigidez 3615 kg-7cm y su estabilidad retenida 82.1%). En sus análisis de costo el pavimento convencional tuvo (m³ de arena chancada S/ 39.10, piedra chancada S/ 26.60 y PEN 60/70 galón S/ 200.8) y para el Pav. Convencional (% de cemento asfáltico 5.8%, Peso unitario 2.396, % vacíos aire 4.1%, la estabilidad 1110 kg, V.M.A. 18%, V.F.A. 76%, flujo 13.3mm, Índice de rigidez 3375 kg/cm y su estabilidad retenida 91%). En sus análisis de costo el pavimento reciclado tuvo (m³ de arena chancada S/ 34.00, piedra chancada S/ 26.00 y PEN 60/70 galón 171.73) Se llegó a la **conclusión** que los resultados de estabilidad y flujo reaccionaron de forma similar a las cargas de tránsito que son sometidas. El pavimento reciclado tuvo una ligera tendencia a fallas por fragilidad, en cambio un pavimento convencional tiende a deformarse más fácilmente. También el pavimento reciclado es más rígido a diferencia del convencional por lo que tendrá menor flexión, será mucho más frágil y más resistente a deformaciones. En su análisis de costo que realizo nos dice que la mezcla asfáltica reciclada es un 12.82% más económica que el convencional, teniendo un ahorro de 14.47% de cemento asfáltico, un 0.0% en el proceso del agregado (piedra chancada) lo que reduce un 13.04% sin embargo se tuvo una incidencia respecto al cemento asfáltico. Finalmente, se debe utilizar un 15% de material asfáltico recuperado por galones de Pen 60/70 ahorrando así 20 por cada m³ de mezcla teniendo un ahorro mayor de 50% siendo así más económico que el convencional.

Martínez y Castro (2017), con tu trabajo de investigación titulada ***“Aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD) para ser utilizados como agregados en el diseño de mezclas asfálticas en caliente”*** de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, cuya investigación tuvo como **objetivo general**: diseñar una mezcla densa incorporando RCD con especificaciones de una capa de rodadura y un nivel de tránsito tres. Su **metodología** fue: de tipo cuantitativa con diseño experimental, su **población y muestra** fue: 15 briquetas para cada diseño. Se llegó a la siguiente **conclusión**: los resultados de estabilidad no cumplieron con la norma INVIAS, el resultado más aproximado fue la briqueta

que contenía 5% de asfalto con una estabilidad de 8755 N, sin embargo, para el nivel 3 de tránsito es 9000N como mínimo. En el caso del flujo el comportamiento con mayor deformación no se encontraba dentro del rango de 2-3.5 mm según el artículo 450-13 del INVIAS.

Hernández, Moncayo y Sánchez (2019), el artículo titulado ***“Comparativo de las propiedades de un diseño de mezcla asfáltica en caliente convencional y el uso de polímeros en la carretera Tosagua”*** de la revista Universidad, Ciencia y Tecnología, cuyo **objetivo** fue: verificar las propiedades físicas-mecánicas de los materiales que se emplean en la elaboración de las mezclas para pavimento flexible así también realizar un diseño incorporando polímero en un 3% y compararlo con el diseño convencional por el método MARSHALL para determinar la influencia de los asfaltos modificados en la carpeta asfáltica. Los **materiales** que se empleó en el desarrollo de la investigación, se utilizó 4 tipos de materiales, agregado grueso triturado de tamaño $\frac{3}{4}$, $\frac{3}{8}$, polvo de roca y agregados finos. Para la elaboración de los diseños se utilizó el Método Marshall con las siguientes % de asfalto: 5.5%, 6.0%, 6.5% y 7.0% de asfalto convencional y el modificado con un 3% de polímeros tipo Butonal N X 1138. Los **resultados** fueron, para cada diseño de mezcla se fabricó 16 probetas de % de asfalto entre 5.5 a 7% con un incremento de 0.5%. Se obtuvo el óptimo % de asfalto: 6.4% para el convencional y para el modificado fue 6.5%. El % de desgaste de las briquetas de mezcla convencional y mezcla modificada se realizó mediante la máquina de Los Ángeles para evaluar el desgaste que pueda sufrir la mezcla durante su tiempo de vida útil, obtuvieron el 6.3% y 4.3% de pérdida respectiva donde se demostró que el uso de polímeros disminuye ese fenómeno. La estabilidad de la mezcla con asfalto modificado con relación a la mezcla modificada se obtuvo una diferencia de 16.22%. Se llegó a la **conclusión** que: los resultados obtenidos demostraron que la mezcla modificada con polímeros tipo Butonal NX-1138 tuvo un incremento de densidad y estabilidad. La mezcla convencional alcanzó una densidad de 2357 kg/m³ y una estabilidad de 2238 lb; mientras que el asfalto modificado con un 3% de polímeros obtuvo una densidad de 2375 kg/m³ y una estabilidad de 2662 lb. Se demostró que aplicando polímeros

tiene mejor características, mejor comportamiento tanto a la resistencia como a las deformaciones.

Noruega y Paiva (2017), con su investigación titulada *“Estudio y diseño de mezclas asfálticas en caliente con agregados pétreos del tipo traquita”* de la Revistas Arquitectura Ingeniería Artes, tuvo como **objetivo general**: demostrar la viabilidad del comportamiento del agregado traquita como material alternativo para el diseño de mezclas asfálticas en caliente. Contó con una **población y muestra** de 15 briquetas, % de material de diseño fueron: triturada 4^{ta}=25%, triturada 5^{ta}=20%, triturada 6^{ta}=45%, arena=9%, filler=1%, % de asfalto de 3.5% a 5.5% para el método Marshall. Los **resultados** de los ensayos de laboratorio fueron: el % de asfalto un 5.1%, su densidad Marshal= 2.270, % vacíos 4.0%, % VAM 15.60%, su estabilidad dio 871 kg, la fluencia 3.5 mm, la relación estabilidad/flujo 2464 kg/cm. Se llegó a las siguientes **conclusiones** referentes a la mezcla: el diseño de 4% de vacíos cumplió con óptimo con los requerimientos del Manual de Paraguay, La adherencia del agregado-ligante de la mezcla asfáltica es más resistente a la acción del agua, se concluyó que la mezcla diseñada es apta para uso de tránsito pesado.

The article entitled *“Use of Plastic Waste in Road Construction”*, presented by **Shaikh et al. (2017)**, The **objectives** of the research article were: To prepare the Marshall Stability samples with plastic waste and without plastic waste. To perform Marshall Stability test on the samples prepared. To compare the various properties of the bituminous road and plastic bituminous road. **Testing of materials** were: Following are the tests to be performed on aggregate: (Aggregate impact value test, los Angeles abrasion test, water absorption test, Specific gravity test, Stripping value test) y Following are the tests to be performed on bitumen: (Penetration value test, Ductility test, Flash & fire point test, Softening point test). The materials used in the study were bitumen 60/70, aggregates, cement, and shredded plastic waste of 2.36mm size. The results were: the specific gravity increased from 2.5 to 2.66 and 2.77 with the addition of 10% and 15% of plastic content, respectively. The added impact value decreased from 10.79% to 8.94% when adding 15% of plastic. Los

Angeles abrasion value decreased from 12.85% to 10.65% by adding 15% plastic waste. The water absorption value decreased to 1.1% in the plastic waste from 15% and the elimination value was reduced to zero by adding 15% of plastic waste. In addition to 15%, plastic waste by weight. The Marshall stability increased from 950 kg to 1980 kg, and the flow value increased from 3.1 mm to 5 mm with a 15% weight plastic waste. Therefore, we can conclude that the modified mix has improved Marshall's characteristics. The observation of the Marshall stability value increases with the% of plastic and the Marshall value decreases with the addition of polyethylene. Experiments performed with the addition of plastic debris improve the various properties of an ordinary bituminous road. Considering a more stable and durable mix for pavements through polymer modifications.

The article entitled ***"Influence of the angularity of aggregates at the blocking point of the asphalt mixture"*** presented by **Pawel Polaczyk, Xiang Shu, Hongren Gong and Baoshan Huang**, published Road Materials and Pavement Design in 2019. El esfuerzo de compactación requerido en un diseño de mezcla de asfalto para lograr un cuerpo esquelético estable y fuerte de acuerdo con el punto de bloqueo de la mezcla. La compactación adicional innecesaria no solo hace que las partículas agregadas se rompan, sino que también daña el esqueleto agregado de la mezcla. Este estudio evaluó la influencia de la angularidad agregada en el punto de bloqueo de las mezclas de asfalto. Con los resultados obtenidos en el laboratorio, se pueden llegar a las siguientes **conclusiones**: La angularidad aplicada tuvo una influencia significativa en el punto de ruptura de las mezclas de asfalto. A medida que aumenta la angularidad, disminuye el punto de bloqueo de las mezclas de asfalto. Los agregados angulares no evitan las mezclas de asfalto, lo que aumenta la posibilidad de que las partículas de agregados se interconecten en la etapa inicial de compactación, lo que resulta en un punto de bloqueo más bajo. La compresión de impacto y la compresión rotativa (en moldes de 100 y 150 mm) se clasifican de la misma manera que los pasadores de bloqueo. El esfuerzo de compresión en dos métodos actuales de diseño de asfalto, Superpave (diseño) y Marshall (tipo), no incluye angularidad adicional como factor de diseño. Los resultados de este estudio

nos muestran que las mezclas de diferentes ángulos agregados requieren diferentes esfuerzos de compactación para desarrollar un cuerpo esquelético más estable y alcanzar sus puntos de bloqueo. Se recomienda tener en cuenta la angularidad del agregado en la mezcla de asfalto y no debe comprimirse más allá de su punto de bloqueo para evitar cualquier fractura del agregado. Aplicando un contenido de asfalto óptimo a cada mezcla, determinando su contenido de bloqueo en el presente estudio. Teniendo una mayor angularidad agregada que generalmente requiere un contenido óptimo de asfalto, lo que aumentará la lubricación afectada por los resultados del punto de bloqueo.

The article entitled "***Characterization of the crushed base for the mechanical-empirical pavement design guide***" presented by Kam, Dawit , Khaled and Shaun , published Road Materials and Pavement Design in 2019. This document describes a testing program recently completed laboratory to determine the standard properties of crushed base aggregates collected from 14 highway projects throughout Wyoming. Eleven of 14 base aggregates were selected to perform the elastic modulus test according to the modified Wyoming AASHTO T 307 procedure. Evaluating the effect of the moisture content, the percentage of the final content and the gradation in the resilient base module. The models to be used were the statistical methods to estimate the resilient module of the base materials. A basic property design table for MEPDG Level 3 entries was developed to facilitate the full implementation of MEPDG. The proposed framework for developing these methods could be adopted at the national level to facilitate full implementation of the MEPDG.

The article Titled "***Experimental and correlational study on the utilisation of RCA as an alternative coarse aggregate in asphalt mixture***" presented by Farzaneh T. and Bijan S, published Australian Journal of Civil Engineering in 2017. En las últimas décadas, la creciente población ha creado una Gran demanda de nuevos pavimentos. Debido al uso considerable de varios agregados naturales para la construcción de carreteras, estos materiales comenzaron a agotarse gradualmente. Al mismo tiempo, la tasa de generación de residuos sólidos en la

sociedad aumenta con el crecimiento de la población y los cambios en los estilos de vida de las personas. La gestión de residuos sólidos se ha convertido en un problema grave. Estos desafíos llamaron la atención de muchos para investigar la viabilidad de aplicar algunos de los desechos como materiales alternativos en la construcción de pavimentos. Entre los diversos desechos, los desechos de construcción y demolición, incluidos el agregado de construcción reciclado (RCA), constituye una parte importante de los desechos sólidos municipales en Australia. El uso de RCA en mezclas de asfalto produce importantes beneficios económicos y ambientales. Por lo tanto, este artículo tiene como objetivo investigar la idoneidad de RCA para el reemplazo de parte de agregado grueso.

La MAC requiere de agregados pétreos teniendo un control de calidad del agregado, siendo importante para la realización de la mezcla, los agregados pétreos tienen partículas duras que cumplen un rol fundamental en los diseños de mezclas asfálticas conformando más del 90% de la mezcla.

Análisis de los agregados, para una buena selección de **agregado** se aplicará para el uso del recubrimiento dependiendo de la disponibilidad, costo y calidad del material para la construcción proyectada. Deben estar compuestos de partículas, limpias, duras, sanas, resistentes y duraderas, libres de exceso de partículas laminares o alargadas, no deben contener materiales nocivos como partículas blandas o descomponibles y cualquier sustancia que se reconozca como dañina en una proporción mayor que la permitida en las especificaciones.

El agregado grueso, retiene en el tamiz No. 4 clasificándose en piedra chancada y grava cumpliendo algunas propiedades teniendo fragmentos planos o alargadas debidamente limpios.¹

¹ (MANUAL de Transporte y Comunicaciones E-207, 2016)

El agregado de piedra tiene la naturaleza de unificar el asfalto para no deshacerse de la acción del tráfico. Por lo tanto, en este caso, el agregado retenido en el tamiz N° 4 se considera agregado grueso, proveniente de la trituración de rocas o grava o, siendo la combinación de ambos, además tiene fragmento limpio y resistente.² Son agregados que se manufacturan por el proceso de trituración de rocas de cantera, también pueden ser incluidas todo material de cantera que tengas propiedades físicas adecuadas.

La piedra proviene de la trituración de los fragmentos extraídos del yacimiento o de piedra grande, teniendo partículas con caras fracturadas. En la producción de la piedra chancada se rompen los escalones de la piedra sana de una cantera mediante la dinamita y posterior se reduce en la trituración de las piedras.³

Requerimientos para el agregado grueso

Se aplicará lo especificado en el manual de carreteras - especificaciones técnicas generales para la construcción o EG -2013, cumpliendo los requerimientos establecidos en la siguiente tabla.

Tabla 1. *Requerimiento para el agregado grueso*

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		≤3.000	>3.000
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	18% máx.	15% máx.
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	40% máx.	35% máx.
Adherencia	MTC E 517	+95	+95
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35% mín.	35% mín.
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	10% máx.	10% máx.
Caras fracturadas	MTC E 210	85/50	90/70
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción *	MTC E 206	1,0% máx.	1,0% máx.

Fuente: EG-2013

² (MANUAL de Carreteras , 2013)

³ (ASPHALT Technology and Construction Practices, 1983)

El Agregado fino es la proporción de los materiales que llegan a pasar la malla número 4 y queda retenida en la malla 200 designándole como un agregado fino y se compone de la arena triturada. Debiendo estar limpios con una textura rugosa y de forma angular, estando sin sustancias que impidan la cohesión del asfalto para así cumplir con los requerimientos de calidad.

[...] Los granos finos deben ser duros, limpios y gruesos. Para que el material esté libre de todas las sustancias que limpian la adhesión al asfalto. ⁴

Requerimientos para el agregado fino

Se aplicará lo especificado en el manual de carreteras - especificaciones técnicas generales para la construcción o EG -2013, cumpliendo los requerimientos establecidos en la siguiente tabla.

Tabla 2. Requerimiento para el agregado fino

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (m.s.n.m.)	
		≤ 3.000	> 3.000
Equivalente de Arena	MTC E 114	60	70
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	30	40
Azul de metileno	AASTHO TP 57	8 máx.	8 máx.
Índice de Plasticidad (malla N.º 40)	MTC E 111	NP	NP
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	-	18% máx.
Índice de Durabilidad	MTC E 214	35 mín.	35 mín.
Índice de Plasticidad (malla N.º 200)	MTC E 111	4 máx.	NP
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0,5% máx.	0,5% máx.
Absorción* *	MTC E 205	0,5% máx.	0,5% máx.

**Excepcionalmente se aceptarán porcentajes mayores sólo si se aseguran las propiedades de durabilidad de la mezcla asfáltica.

- La adherencia del agregado fino para zonas mayores a 3000 msnm será evaluada mediante la performance de la mezcla, Subsección 430.02.

Fuente: EG-2013

⁴ (INVIAS (Instituto Nacional de Vías), 2012 pág. 2)

Consideraciones que deben tener los Agregados pétreos, en el uso de los agregados para la realización del pavimento se deben tener en cuenta ciertas consideraciones importantes para el buen desempeño de la MAC.

Identificación del agregado es importante para realizar la evaluación petrográfica de los agregados, ensayos físicos que se requiere de los agregados.

Propiedad simétrica del agregado es importante la forma que tiene y la angularidad que presenta las partículas teniendo relación con el conjunto esquelético del mineral para la distribución de la granulometría.

Ausencia de impurezas en los agregados es fundamental para la realización de los pavimentos, teniendo que estar libres de impurezas para el buen comportamiento del a carpeta asfáltica sino puede causar la degradación del pavimento.

Comportamiento de los agregados, tienen una variedad amplia que son producidos para "HMA". La explotación de los agregados proviene de canteras que son chancados o triturados por Over, Cono Secundario usualmente; muy poco se emplea el Cono Terciarios en las canteras, por ello se requiere de filler (cal hidratada) que ayuda a llenar los vacíos de la mezcla aportando mejor característica y desempeño de la "HMA"⁵

El mecanismo del agregado, desea obtener un cuerpo esquelético de piedra fuerte para soportar las cargas repetidas producidas por los autos, presentando una textura muy rugosa y abierto con forma cúbica, con el tiempo se ira cerrando esa textura proporcionando más vida útil al pavimento y mejor resistencia al deslizamiento a diferencias de los agregados con forma redondeada y textura lisa ⁵

⁵ (MCGENNIS, y otros, 1995 pág. 4)

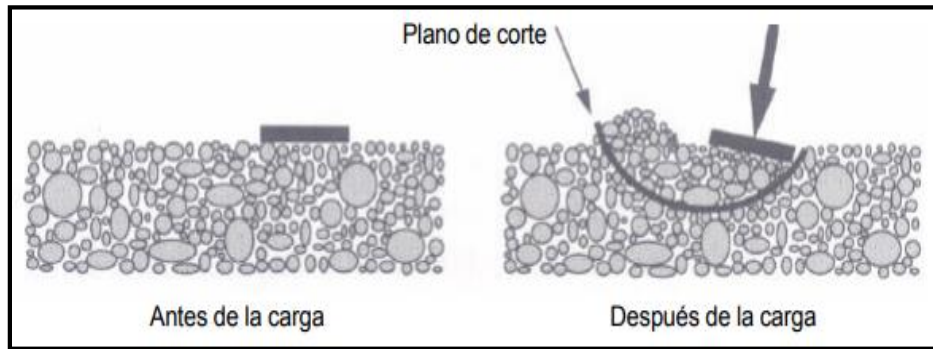


Figura 1. Cuerpo Esquelético del agregado pétreo

Cuando el agregado redondeado recibe cargas, se presenta un corte de deflexión ocasionando que los agregados redondeados se deslicen entre si presentando deformaciones permanentes y con el tiempo se produce el ahuellamiento, siendo muy importante que un agregado resista las tensiones del corte en una “HMA” ⁵

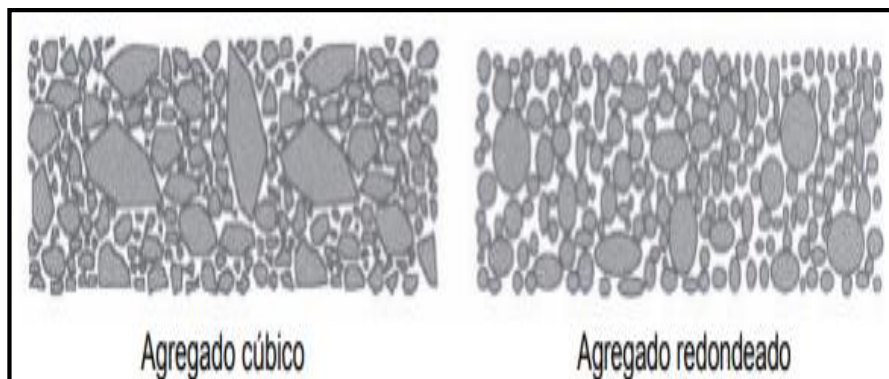


Figura 2. Comportamiento del agregado a la carga de corte

La diferencia en la resistencia a los agregados con superficies agrietadas y agregados lisos se puede observar fácilmente en las pilas de recolección, donde los agregados chancados son más empinados y más estables que los redondeados. ⁶

⁶ (MCGENNIS, y otros, 1995 pág. 5)

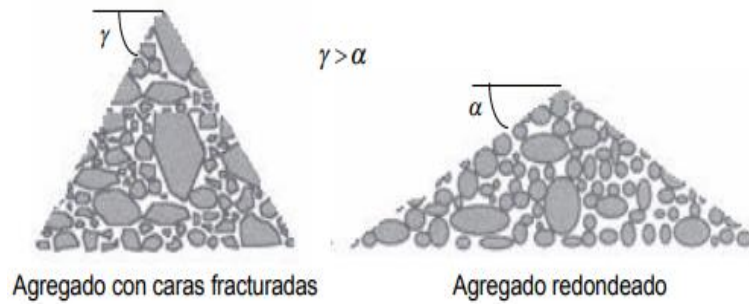


Figura 3. Comportamiento de los agregados en las pilas de acopio

La resistencia de una mezcla ante las tensiones de corte, sus agregados deberán estar bien unificados con una buena cohesión, tensión normal ante las cargas que serán sometidas y una buena fricción interna.

Proceso del agregado, es muy necesario contar con una chancadora para la trituración de la piedra y arena chancada, agregados que se utilizaran para los diseños mencionados. Una chancadora está compuesta por **primaria, secundaria, terciaria y over**.



Figura 4. Fuente Propia – Over

Secundaria luego de chancar pasa a la **terciaria** y sale el agregado triturado retornando el material que sale por la faja, la arena y piedra. Lo ideal es la terciaria para poder obtener los finos de la **malla 200**.



Figura 5. Cono secundario



Figura 6. Cono Terciario

El uso del cono (terciaria) nos proporciona obtener la grava en forma cubica y los finos requeridos para la arena chancada de 8% - 10% que requerirá el diseño, teniendo como: su **TM** del agregado chancado es de **3/4** y su **TMN** es de **1/2** y su **TM** del agregado fino es de **1/4** y su **TMN** es de **Nº 4**

Relleno mineral, es la incorporación de cal hidratada a la mezcla tiene como función principal actuar y mejorar para la adherencia del agregado en el asfalto y su trabajabilidad de la mezcla que proporcione un relleno mineral de vacíos.

Los beneficios que otorga este agente químico son, La reducción de la absorción del agua y por lo tanto minimiza la probabilidad de desprendimiento del cemento asfáltico a los agregados. Reduce la oxidación y el envejecimiento prematuro de la carpeta de rodadura. Colaborar a incrementar las densidades de pistas en la mezcla colocada. Aumenta la resistencia de la penetración de aguas superficiales.

Las propiedades del relleno mineral en la mezcla asfáltica es el interface de filler-asfalto siendo muy importante para el comportamiento de las mezclas asfálticas en calientes, también es importante conocer las propiedades físicas de la cal hidratada o relleno mineral. La angularidad del filler y la textura es importante porque afecta directamente en el %CA dentro del diseño de MAC influyendo en el comportamiento estructural y mecánica de las mezclas asfálticas.

Característica física del filler influye en el comportamiento brindando durabilidad a la MAC teniendo un factor importante en la intensidad de absorción.

Mezcla Asfáltica en Caliente: “El concreto **asfáltico** es un material vial compuesto por un aglutinante y agregado mineral. El aglutinante de asfalto puede ser asfalto de cemento asfáltico que actúa como un aglutinante que une las partículas en una masa cohesiva. Al ser resistente al agua, el aglomerante asfáltico también impermeabiliza la mezcla” ⁷

⁷ (MCGENNIS, y otros, 1995 pág. 1)

La mezcla bituminosa en caliente de áridos incluye polvo mineral con un ligante. Teniendo las cantidades relativas del ligante y áridos determinando las propiedades físicas de la mezcla asfáltica ⁸

Es una mezcla asfáltica en caliente de pavimentación y el agregado combinados en proporciones exactas. Relativamente en materiales que se determina las propiedades físicas de la mezcla y el desempeño. Existiendo 2 métodos muy comunes utilizados en determinar de manera apropiada el diseño de asfalto y agregados. Siendo el método de Marshall el Método Hveem.⁹

Clasificación de la mezcla asfáltica en caliente

Mezcla de asfalto de granulometría densa: es una mezcla caliente debe ser uniforme y homogénea, trabajar con cemento asfáltico y agregados de piedra bien graduados. Con TMN (37.5) mm (1½) y (9.5) mm (3/8), generalmente se usa en la construcción de máscaras de asfalto de nuevos pavimentos donde se espera que tenga una alta resistencia estructural para el pavimento. ¹⁰

Mezcla de asfalto de granulometría abierta: "La mezcla [...] homogénea y una alta proporción de huecos, hechos de cemento asfáltico y agregados pétreos de granulometría uniforme" ¹³

Estas mezclas se usan generalmente para las capas rodantes que no cumplen ninguna función estructural y generalmente se encuentran en carpetas de granulometría densa, para cumplir con los requisitos de calidad para las capas de tráfico, lo que permite que el agua de lluvia se mueva a través de la llanta del vehículo, siendo así que ocupan los vacío que se encuentran en la carpeta e incrementando la fricción de las llantas en la capa de rodadura [...] ¹¹

⁸ (LABORATORIO Nacional de Viabilidad, 2015 pág. 8)

⁹ (ASPHALT Institute MS-22, 1982 pág. 57)

¹⁰ (NORMA-CTM-4-05-003 pág. 2)

¹¹ (NORMA-CTM-4-05-003 pág. 2)

Comportamiento de la mezcla asfáltica: "MAC o HMA es un material de carretera, ya que es un aglomerante de asfalto y agregado mineral que puede ser asfalto o cemento modificado. Como el agua es impermeable, el aglutinante de asfalto también se impermeabiliza en la mezcla" ¹²

Comportamiento de la mezcla asfáltica: "MAC o HMA es un material de carretera, ya que es un aglomerante de asfalto y agregado mineral que puede ser asfalto o cemento modificado. Como el agua es impermeable, el aglutinante de asfalto también se impermeabiliza en la mezcla" ¹³

La densidad de la mezcla compactada es el peso unitario (Volumen específico de la mezcla), es una característica esencial al tener una alta densidad en el pavimento terminado lo que se obtiene un mejor rendimiento.¹⁴

Los vacíos de aire es la concentración del volumen del aire en la muestra compactada. Es necesario que la mezcla densa este bien graduadas y que tengan un % de vacíos para permitir la compactación adicional bajo el tráfico y que proporcione espacios donde se pueda fluir el asfalto durante la compactación adicional. ¹⁴

El espacio intergranular ocupada por el asfalto y el aire en una mezcla compactada es denominado **% de vacíos** el agregado mineral (VAM), en el diagrama de los componentes es la suma del volumen de aire y el asfalto expresada como % de volumen total (VAM).¹⁴

¹² (MCGENNIS, y otros, 1995 pág. 1)

¹³ (MCGENNIS, y otros, 1995 pág. 1)

¹⁴ (NORMA-CTM-4-05-003)

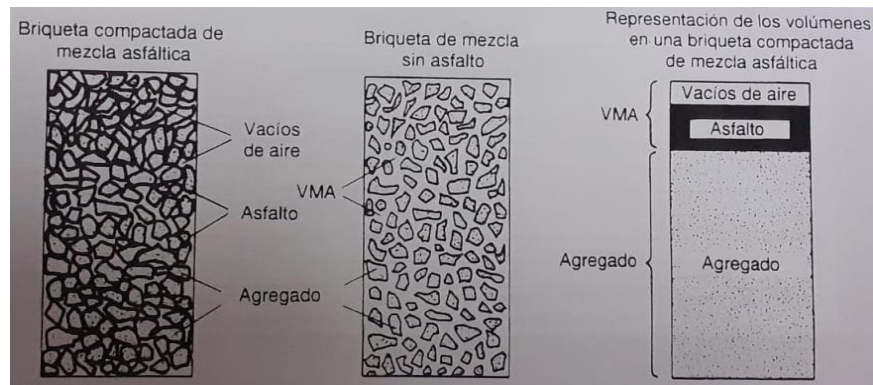


Figura 7. VMA en una probeta de mezcla compactada

El cemento asfáltico, es un material bituminoso aglomerante , de consistencia sólida, utilizado para la fabricación de mezclas asfálticas en caliente. El material por suministrar será cemento asfáltico por su viscosidad o grado de penetración de acuerdo con las características que tenga el proyecto y cumpla con los requisitos de calidad establecidos. ¹⁵

Tabla 3. Selección del tipo de cemento

Temperatura Media Anual			
24°C o más	24°C - 15°C	15°C - 5°C	Menos de 5°C
40 - 50 ó 60 - 70 o modificado	60-70	85 - 100 120 - 150	Asfalto Modificado

Fuente: Manual de carreteras (2013)

Consideraciones para el diseño de Mezcla Asfáltica

Propiedades del asfalto: para un diseño adecuado la mezcla asfáltica debe considerar las siguientes propiedades:

Durabilidad: es la resistencia de los factores como la desintegración de los agregados, los cambios en la propiedad del asfalto y la separación de la película del asfalto. El factor es el resultado de acción climática, tráfico o combinación de ambos. “[...] En general, la durabilidad se puede mejorar de 3 maneras. Estos son: usando mayor cantidad de asfalto posible, clasificando estrictamente el agregado resistente

¹⁵ (MANUAL de Carreteras , 2013)

a la separación, diseñando y compactar la mezcla para una máxima impermeabilidad [...]" ¹⁶

La durabilidad de la mezcla, es definida por su capacidad que tiene a resistir cargas sin fisurarse, deformarse o desintegrarse por vario tiempo, en condicione de servicio. Por la durabilidad de un betun, tiene la capacidad de mantener su propiedad ligante y cohesiva durante el tiempo de vida del pavimento. Cuando el diseño lo realizan de mejor manera, la durabilidad del pavimento bituminoso, tiene la funcion de tener mejor adherencia entre el agregado petreo y la pelicula de asfalto. ¹⁷

Durante la prueba de durabilidad, los agregados se exponen a sulfato de sodio o sulfato de magnesio. El ensayo estima la resistencia del agregado a través de la acción de los agentes climáticos durante el ciclo de vida del pavimento. Aplicar agregados finos y gruesos. ¹⁸

La estabilidad, tiene la capacidad de soportar el desplazamiento y la deformación durante las cargas de tráfico. Un piso estable puede mantener su forma y flexibilidad bajo cargas repetidas.

"En términos generales, cuanto más angular es la forma de las partículas agregadas y cuanto más rugosa es su textura superficial, mayor es la estabilidad de la mezcla"
¹⁸

Tiene la capacidad resistir el desplazamiento y deformación que está expuesta por el tránsito vehicular. La capa de rodadura debe mantener su forma y textura ante las constantes cargas a diario. La fricción interna depende de la textura, gradación del agregado, densidad de la mezcla y el tipo de asfalto [...] Es importante que el

¹⁶ (CAPITULO III pág. 56)

¹⁷ (AGNUSDEI, 2002 pág. 19)

¹⁸ (MCGENNIS, y otros, 1995 págs. 4-5)

agregado sea angular y áspero para que tenga buena textura superficial, dando como resultado una alta estabilidad a la mezcla. ¹⁹

Tabla 4. Causa y Efectos de la estabilidad en el pavimento

Estabilidad Baja	
Causas	Efectos
Exceso de asfalto en la mezcla	Ondulaciones, ahuellamientos y afloramientos o exudación
Exceso de arena de tamaño medio en la mezcla	Baja resistencia durante la compactación y posteriormente durante un corto tiempo, dificultad para la compactación
Agregados redondeados sin o poca superficie trituradas	Ahuellamiento y canalización

Fuente: Asphalt institute (1982)

“[...] La estabilidad y capacidad de cargas del suelo depende de la cohesión y fricción interna de las partículas del suelo. Mientras que la fricción interna de las partículas depende de la granulometría de agregado y su forma, a cohesión dependerá del suelo con el que trabaje (limo, arcilla, arena). Si la fricción llega ser muy baja la cohesión inadecuada, un tráfico pesado deformara el pavimento [...]” ²⁰

La trabajabilidad tiene la capacidad de trabajo se describe por la facilidad con que se puede colocar y comprimir una mezcla de recubrimiento las mezclas que tienen buena capacidad de trabajo son fáciles de colocar y unir, debido a la poca capacidad de trabajo, son difíciles de poner y compactos. Se mejora cambiando los parámetros de mezcla según el tipo de agregado y/o el tamaño de partícula.²¹

¹⁹ (ASPHALT Institute MS-22, 1982)

²⁰ (SZOYCHEN M. pág. 131)

²¹ (CAPITULO III pág. 60)

Tabla 5. Causa y efecto de problemas de trabajabilidad

Mala Trabajabilidad	
Causas	Efectos
Tamaño máximo de partícula: grande	Superficie áspera, difícil de colocar
Demasiado agregado grueso	Puede ser difícil de compactar
Temperatura muy baja de mezcla	Agregado sin revestir, mezcla poco durable superficie áspera, difícil de compactar
Demasiada arena de tamaño medio	La mezclase desplaza bajo la compactadora y parece tierno o blanda
Bajo contenido de relleno mineral	Mezcla tierna, altamente permeable
Alto contenido de relleno mineral	Mezcla muy viscosa, difícil de manejar, poco durable

Fuente: Adaptado al instituto de Asalto (1982)

La facilidad de la colocación y compactación que tiene una mezcla de pavimentación. Las mezclas poseen una trabajabilidad fácil, difícil de colocar y compactar, pudiendo ser momificada en los parámetros de las mezclas según el tipo de agregado y / o tamaño de partícula. Tener una alta carga mineral también puede afectar la trabajabilidad, haciendo que la mezcla sea muy viscosa, dificultando la compactación.²²

“[...] la trabajabilidad de las mezclas, sus primeros estudios fueron de Marvillet y otros 4 más, en donde la mezcla es evaluada introduciendo una paleta giratoria dentro de la mezcla suelta que se mantiene a una determinada temperatura, midiendo el torque necesario para mantener girando la paleta a una determinada velocidad. A mayor sea el giro más pobre será la trabajabilidad [...]”²³

Resistencia por fatiga

La investigación ha demostrado que los huecos y la viscosidad del asfalto tienen un efecto significativo sobre la resistencia a la fatiga.

²² (ASPHALT Institute MS-22, 1982)

²³ (AGNUSDEI Jorge, 2011 pág. 16)

La resistencia y el grosor del pavimento y la capacidad del soporte del metro tienen mucho que ver con la vida útil del pavimento y la prevención de grietas en relación con las cargas de tráfico.

“A medida que aumenta la proporción de huecos en una acera, ya sea por diseño o falta de compresión, la resistencia a la fatiga en el pavimento. (El período de tiempo durante el cual un pavimento es suficientemente resistente a la fatiga) disminuye”²⁴

Resistencia por deslizamiento, es la capacidad de una superficie de la carretera para minimizar el deslizamiento o el deslizamiento de las ruedas del vehículo, especialmente cuando la superficie está mojada.²⁵

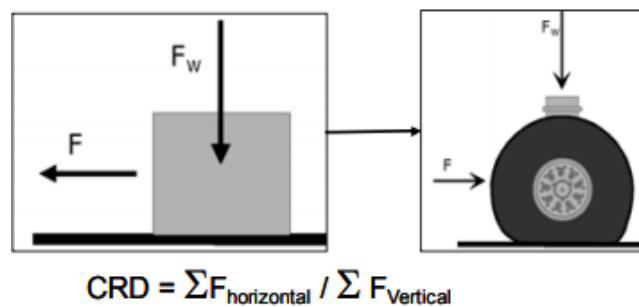


Figura 8. Resistencia al deslizamiento

RD es una característica del pavimento que describe su grado de adhesión. Con la fuerza de la interacción entre los neumáticos del pavimento, se describe el coeficiente RD. Para lograr una resistencia al deslizamiento suficiente, se deben considerar lo siguiente: una macro estructural adecuada, que facilite el drenaje y el desplazamiento del volumen de agua entre el neumático y el pavimento, que tiene partículas duras con alta resistencia, la textura debe contenerse durante largo tiempo y al frenar los vehículos deberían de obtener una adherencia máxima con el contacto entre los neumáticos.²⁶

²⁴ (CAPITULO III pág. 62)

²⁵ (CAPITULO III pág. 63)

²⁶ (GALVEZ, 2015 pág. 5)

El deslizamiento es la fuerza que se desarrolla entre la superficie del pavimento y el neumático, evitando que se deslice por la superficie. Pudiendo cuantificar esa resistencia a partir de una forma general mediante el coeficiente de fricción. Provieniendo del contacto con el neumático y la superficie del pavimento, lo cual se determina una rugosidad de la fuera de fricción, teniendo características de textura de pavimento, tienen como actores la velocidad del vehículo, presión de inflado, dibujo neumático, ausencia de agua en el pavimento, la facilidad de escurrimiento superficial del agua.²⁷

La transitabilidad: "Nivel de servicio de infraestructura vial que asegura un estado del mismo permitiendo un flujo regular del vehículo por un etapa indefinido" ²⁸

Según el **INEI**, el flujo **vehicular por unidad de peaje**, que se registra en las salida y entradas a nivel nacional, tanto vehículos ligeros como pesados. (2019)

En el siguiente cuadro podremos apreciar el índice nacional del flujo vehicular en las unidades de peaje, setiembre del 2019, que aumentó un **4.1%**.

Tabla 6. *Índice de flujo vehicular*

Variable	Ponderación	Var. % 2019/2018
	(Año Base 2007=100,0)	Setiembre
Índice Nacional del Flujo Vehicular	100,0	4,1
Índice del Flujo de Vehículos Pesados	55,6	2,9
Índice del Flujo de Vehículos Pesados de Carga (3 a 7 ejes)	33,2	3,9
Índice del Flujo de Vehículos Ligeros	44,4	5,2

Fuente: INEI- 2019

Como se aprecia en el cuadro, en el mes de **setiembre 2019** se presentó un aumento del **4.1%** de movimiento de autos ligeros y pesados por las garitas del peaje. El mayor tráfico de vehículos pesado tuvo un incremento de **2.9%** justificado por la circulación de vehículos de carga de **3 a 7** eje, por lo que se elevó un **3.9%**.

²⁷ (GAETE, y otros, 1988 pág. 2)

²⁸ (MTC, 2008 pág. 52)

Del mismo modo aumentó tránsito de vehículos ligeros incrementó en **5.2%** obteniendo como resultado mayor al número de visitantes en el país.

Tabla 7. Índice nacional del flujo vehicular, 2017 -2019

Mes	2017	2018 P/	2019 P/	Variación Porcentual	
				Mensual ^{1/}	Anual ^{2/}
Ene.	211,7	220,3	230,2	4,5	5,9
Feb.	191,0	203,3	204,8	0,7	5,4
Mar.	173,4	203,7	213,1	4,6	4,5
Abr.	174,1	186,5	194,7	4,4	4,3
May.	181,6	190,9	197,8	3,7	4,2
Jun.	180,7	188,0	197,0	4,7	4,2
Jul.	206,3	213,1	223,7	5,0	4,3
Ago.	201,0	209,3	219,4	4,8	4,4
Set.	185,0	195,3	203,4	4,1	4,3
Oct.	195,1	204,9			
Nov.	191,7	200,7			
Dic.	218,1	229,4			
Promedio	192,5	203,8			

Fuente: INEI- 2019

Podemos observar que en **12** meses contando desde el mes de octubre del **2018** a setiembre del **2019** el índice de flujo vehicula registro una variación positiva de **4.3%**

“MÉTODO MARSHALL, para diseño de mezclas de pavimentación fue formulado por Bruce Marshall, ingeniero de asfalto del departamento de Autopistas del estado de Mississippi. [...] el método original Marshall, solo es aplicable a mezclas asfálticas en caliente que tengan un tamaño máximo de 25 mm o menor. El método modificado se desarrolló para tamaños máximos arriba de 38 mm [...]”²⁹ este método es para diseño de mezclas asfálticas en caliente con graduaciones densas.

La granulometría, “la metodología Marshall se utiliza una gráfica semilogarítmica para definir una granulometría permitida [...]. La selección de la curva granulométrica para el diseño de la mezcla asfáltica cerrada o densa está en función de 2 parámetros: TMN del agregado y de las líneas de control, en la Tabla 11 se

²⁹ (INSTITUTO Mexicano de Transporte, 2004 pág. 3)

observará los tamaños máximos nominales más utilizados de acuerdo a la ASTM D 3515.”³⁰

Especificaciones de la metodología, en “la selección óptima de asfalto dependerá de muchos criterios. En el diseño lo primero que se tiene que hacer es escoger el % de asfalto para promediar los límites de vacíos de aire, lo cual es el 4%. Todas las propiedades medidas y calculadas estarán bajo el contenido de asfalto que son evaluadas mediante el criterio para el diseño de mezcla [...]”³¹ todos los criterios se deberán de cumplir, en caso de que no cumpla se tendrá que realizar ajustes al diseño de la mezcla.

Tabla 8. Requerimientos para la Mezcla

Parámetro de Diseño	Clase de Mezcla		
	A	B	C
Marshall MTC E 504			
1. Compactación, número de golpes por lado	75	50	35
2. Estabilidad (mínimo)	8,15 kN	5,44 kN	4,53 kN
3. Flujo 0,01” (0,25 mm)	8-14	8-16	8-20
4. Porcentaje de vacíos con aire (1) (MTC E 505)	3-5	3-5	3-5
5. Vacíos en el agregado mineral	<u>Ver Tabla 423-10</u>		
Inmersión – Compresión (MTC E 518)			
1. Resistencia a la compresión Mpa mín.	2,1	2,1	1,4
2. Resistencia retenida % (mín.)	75	75	75
Relación Polvo – Asfalto (2)	0,6-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Relación Estabilidad/flujo (kg/cm) (3)	1.700-4.000		
Resistencia conservada en la prueba de tracción indirecta AASHTO T 283	80 Mín.		

Fuente: EG - 2013

Volumen de agregado mineral, “[...] los requerimientos correspondientes a los vacíos de aire; vacíos del agregado mineral y los vacíos de llenado de asfalto. El contenido de vacíos de aire es una propiedad muy importante que se utiliza como base en la selección del contenido del ligante asfáltico [...]”³² la metodología

³⁰ (INSTITUTO Mexicano de Transporte, 2004 pág. 3)

³¹ (INSTITUTO Mexicano de Transporte, 2004 pág. 5)

³² (INSTITUTO Mexicano de Transporte, 2004 pág. 15)

superpave utiliza los VAM como la suma del volumen del aire y asfalto efectivo y eso nos muestra los vacíos entre las partículas del agregado [...] ³²

Los valores mínimos especificados para el VAM en cuanto a los porcentajes de diseño de vacíos de aire son del 4% en función del tamaño máximo nominal del agregado como nos indica la **tabla 9**.

Tabla 9. Mínimo porcentaje de vacíos de agregado mineral (VMA)

Máximo tamaño de partícula nominal		Porcentaje mínimo VMA		
		Porcentaje diseño vacíos de aire		
mm	in	3.0	4.0	5.0
1.18	No.16	21.5	22.5	23.5
2.36	No.8	19.0	20.0	21.0
4.75	No.6	16.0	17.0	18.0
9.5	3/8.	14.0	15.0	16.0
12.5	1/2.	13.0	14.0	15.0
19	3/4.	12.0	13.0	14.0
25	1.0	11.0	12.0	13.0
37.5	1.5	10.0	11.0	12.0

Fuente: SCT, 2004

Requerimientos para la mezcla Asfáltica convencional

La gradación más utilizada en los años de 1950 al 2000, fue el **MAC-2** la mezcla densa. La gradación de la mezcla convencional debe cumplir los husos granulométricos como se indica en la **Tabla 10**.

Tabla 10. Gradaciones para la granulometría MAC-2

Tamiz	Porcentaje que pasa		
	MAC -1	MAC-2	MAC-3
25,0 mm (1")	100		
19,0 mm (3/4")	80-100	100	
12,5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9,5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4,75 mm (N.º 4)	43-54	51-68	65-87
2,00 mm (N.º 10)	29-45	38-52	43-61
425 µm (N.º 40)	14-25	17-28	16-29
180 µm (N.º 80)	8-17	8-17	9-19
75 µm (N.º 200)	4-8	4-8	5-10

Fuente: EG-2013

Requerimientos para la Gradación ASTM D 3515, es empleado para mezclas asfálticas, así mismo la gradación que se empleará para este proyecto de investigación para el segundo diseño con agregado chancado al 100% en la mezcla asfáltica en caliente, se deberá ajustar a la ASTM D 3515 como se indica en la **Tabla 11**.

Tabla 11. Gradación ASTM D 3515

Graduaciones propuestas para mezclas cerradas (ASTM D 3515)										
Abertura de malla		Mezclas cerradas								
		Tamaño máximo nominal del agregado								
in	mm	2 in (50 mm)	1 1/2 in (37,5 mm)	1 in (25 mm)	3/4 in (19 mm)	1/2 in (12,5 mm)	3/8 in (9,5 mm)	Nº 4 (4,75 mm)	Nº 8 (2,36 mm)	Nº 16 (1,18 mm)
Graduaciones para mezclas de agregados (grueso, fino y filler)										
2 1/2	63	100								
2	50	90-100	100							
1 1/2	37,5		90-100	100						
1	25	60-80		90-100	100					
3/4	19		56-80		90-100	100				
1/2	12,5	35-65		56-80		90-100	100			
3/8	9,5				56-80		90-100	100		
Nº 4	4,75	17-47	23-53	29-59	35-65	44-74	55-85	80-100		100
Nº 8	2,36	10-36	15-41	19-45	23-49	28-58	32-67	65-100		95-100
Nº 16	1,16							40-60		65-100
Nº 30	600 um							35-65		70-95
Nº 50	300 um	3-15	4-16	5-17	5-19	5-21	7-23	7-40		45-75
Nº 100	150 um							3-20		20-40
Nº 200	75 um	0-5	0-6	1-7	2-8	2-10	2-10	2-10		9-20
Asfalto, Porcentaje con respecto al peso total de la mezcla										
		2-7	3-8	3-9	4-10	4-11	5-12	6-12	7-12	8-12

Fuente: SCT, 2004

Restricción de la granulometría para la gradación ASTM D 3515, el agregado debe quedar dentro de los puntos de control y principalmente fuera de la zona restrictiva. Los puntos de control son pasos obligatorios para que la curva granulométrica cumpla con el tamaño máximo nominal, tamaño intermedio y el tamaño de los finos. ³³

³³ (INSTITUTO Mexicano de Transporte, 2004 pág. 12)

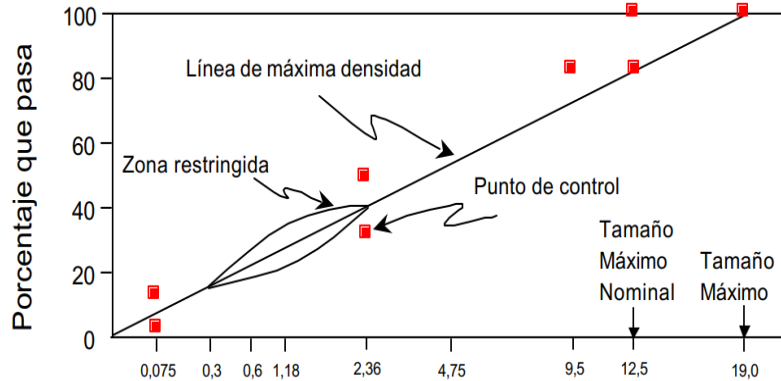


Figura 9. Límites para la granulometría

La zona restringida [...] forma una banda por la curva granulométrica que no debería pasar. Granulometrías que pasan por a través de la zona restringida se llama “humped graduation” [...] por la forma característica de joroba que tiene la curva al pasa por la zona restringida. En mayoría de los casos nos indica que la mezcla tiene muchos finos en relación a la arena total. Las granulometrías que violan la zona restringida poseen un esqueleto granular débil y eso dependerá de la rigidez del cemento asfáltico para alcanza una mezcla con resistencia al corte.³⁴

“[...] Un diseño de la estructura del agregado que pase entre los puntos de control y evite la zona de restricción, satisface los requerimientos granulométricos. Los valores de los parámetros: puntos de control y zona restringida, se refiere a cinco designaciones que la metodología **Superpave** establece. Los tamaños máximos nominales más utilizados y los criterios correspondientes a los parámetros mencionados [...]”³⁴

³⁴ (INSTITUTO Mexicano de Transporte, 2004 pág. 13)

III. MÉTODO

“El método científico es el procedimiento donde se contesta las preguntas de la investigación que surgen diversos fenómenos que se presenta en la naturaleza y sobre los problemas que afecta a la sociedad.”³⁵ siendo así que el proyecto de investigación se basa en el método científico yaqué se identificó un problema principal y problemas secundarios lo que se procederá a obtener respuestas luego de realizar los ensayos de laboratorio.

3.1. Tipo y diseño de investigación

El diseño de investigación será experimental, para la investigación, se realizará el Método Marshall aplicando la granulometría de la gradación ASTM 3515 para el diseño de mezcla asfáltica en caliente con agregados chancados al 100%, a diferencia del diseño convencional que se aplicará el mismo Método Marshall con la gradación MAC -2 aplicando el mismo cemento asfáltico 60/70.

Tipo de Investigación

“La investigación aplicada se distingue por tener propósitos prácticos, es decir, investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en determinado sector de la sociedad”³⁶

Enfoque

“El enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base a las mediciones numéricas y análisis, para establecer los patrones de comportamiento y probar teorías”³⁷

Nivel de Investigación

Se califica como explicativa-correlacional, [...] responde principalmente a las causas y fenómenos físicos, enfocándose en dar una explicación de lo que ocurre un fenómeno y en condición se manifiesta o porque se relacionan 2 o más variables.

³⁵ (BORJA, Manuel, 2012 pág. 8)

³⁶ (CARRASCO, 2002 pág. 42)

³⁷ (HERNANDES, y otros, 2010 pág. 4)

Se clasifica como correlacional principalmente para conocer la relación que exista entre dos o más conceptos, evaluando las variables que mide cada una de ellas y después, cuantifican y analizar la vinculación tales correlaciones que están sujetas a las hipótesis sometidas a prueba. ³⁸

La presente investigación es de tipo cuantitativa, “[...] es una secuencia de evento que se debe respetar el orden, [...] todo se basa en las interrogantes y objetivos, recurrido en la investigación y en base de ello se realiza procedimientos, ideas y teorías. De las preguntas se realiza las hipótesis y variables [...] se analiza las mediciones y se establece un aserie de conclusiones con respecto a las hipótesis”.
³⁸ Las variables son los problemas específicos derivando a las generales, estableciendo hipótesis generales y específicos. Se analizan para establecer las conclusiones en relación con las hipótesis planteadas.

Diseño Experimental

“El diseño” se basa en una estrategia concebida para la obtención de información deseada. Por lo tanto, una investigación está diseñada como una estrategia que tiene como objetivo obtener respuestas a las preguntas y probar la hipótesis de investigación para lograr los objetivos ³⁸

Los diseños cuasi-experimentales, principales instrumentos de trabajo dentro del ámbito aplicado, son esquemas de investigación no aleatorios. Dado la no aleatorización, no es posible establecer de forma exacta la equivalencia inicial de los grupos, como ocurre en los diseños experimentales ³⁸

“Experimenta la situación de control en la cual se manipula de forma intencional, uno o más variables independiente (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre uno o más variables dependientes (efecto)” ³⁸

3.2 Variables de Operacionalización

³⁸ (HERNANDES, y otros, 2010)

Una variable es la propiedad que puede variar dependiendo de lo que se mide u observa. Con una definición operacional la variable sigue un procedimiento o indicador para realizar una medición estrechamente vinculada con la técnica o metodología empleada en la investigación

Variable independiente: es representada como consecuencia de la variable antecedente, siendo el efecto producido por la variable independiente lo cual es manipulado por el investigador.

Mezcla asfáltica en caliente, esta variable depende del resultado que se obtenga en las granulometrías de la variable independiente para mejorar obtener las dimensiones como indica el ANEXO 2

Variables independientes: es la que antecede a una dependiente lo cual presenta una causa y condiciona a la variable dependiente, siendo manipulado por el investigador ocasionando ciertos efectos.

Agregados Chancados al 100 % y agregados convencionales son variables independientes debido a la modificación de sus agregados y se obtiene diferentes resultados que influyen de manera diferente en las características físicas y estructurales de la mezcla asfáltica en caliente. Empleando el diseño de Marshall y sus diferentes gradaciones se llegará a comparar con una mezcla asfáltica convencional.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población es “la totalidad de un estudio incluyendo el total de unidades de análisis o entidades de población que integran dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un estudio determinado [...]”³⁹. La población de esta investigación es 15 briquetas para el diseño convencional y 15 para el diseño de MAC con agregados chancados 100%.

³⁹ (TAMAYO, 2004 pág. 176)

Muestra: Estará constituida por 30 briquetas de forma cilíndrica

3.4 Técnica e instrumento de redacción de datos, validez y confiabilidad

Técnica: la observación experimental, es controlada por el investigador manipulando las variables ⁴⁰ Así como los procedimientos establecidos por el instituto de asfalto, MTC y ASTM, son guías para llevar a cabo las pruebas necesarias y cada uno tiene su propio instrumento y procedimiento de medición.

Instrumento: son “herramientas especificadas que se emplean en procesos de recolección de datos [...] Los instrumento se escogen a partir de la técnica previamente elegida”⁴⁰

Validez: “se refiere a la obtención de mediciones [...] respecto al asunto de interés, eliminando otras posibles variables”⁴¹

Se utilizará fichas técnicas que estarán respaldadas por 3 profesionales de la carrera de Ingeniería Civil, lo cual deberán de estar colegiados y habilitados.

Confiabilidad: “el termino de confiabilidad proviene de fiable. [...] la confiabilidad es el proceso de establecer cuan fiable, coherente o estable es el instrumento que se ha elaborado”⁴²

3.5 Procedimiento

La recopilación de investigación:

Para la investigación se contó con 2 canteras: Carapongo y Acaray para la realización de los 2 diseños teniendo como tamaño máximo $\frac{3}{4}$ y tamaño nominal $\frac{1}{2}$, como filler llenante: cal hidrata, ligante asfáltico: PEN 60/70.

Para el **diseño convencional** se realizó con el agregado de la cantera Carapongo porque la trituración del agregado se emplea Over y Cono Secundaria brindando

⁴⁰ (SANCHEZ Carlessi, y otros, 2006 pág. 154)

⁴¹ (ARIAS, 2007 pág. 203)

⁴² (MERJÍA Mejía, 2005 pág. 27)

agregados no muy cúbicos y con pocos finos, por ello se requiere el uso de cal hidratada empleado como filler - llenante o mejorador de adherencia de agregado-asfalto, deberá cumplir con la normal **AASHTO M-303**.

Al realizar los ensayos granulométricos emplearemos la gradación **MAC-2**, realizando los procedimientos que nos indica el manual de ensayos **MTC 2014**, también realizaremos el método Marshall **ASTM D 1559**.

Para el **diseño de mezcla asfáltica con agregados chancados al 100%**, se realizó con la cantera Acaray porque la trituración del agregado se emplea Over, Secundaria y Terciaria brindando agregados de forma cúbicas y finos que son la pasante de la malla N° 200 y por ello el uso de cal hidratada no sería necesaria.

Se realiza los ensayos granulométricos aplicando la gradación **ASTM D 3515**, realizando los procedimientos que nos indica el manual de ensayos **MTC 2014**, también realizaremos el método Marshall **ASTM D 1559** cumpliendo con los requerimientos como indica la tabla 6.

Después de obtener los resultados del laboratorio, se elabora los cuadros de comparación de ambos diseños, con el fin de responder los objetivos, hipótesis y problemas planteados como se observa en el **Anexo 3**. Llegando a las conclusiones debidas para esta investigación.

3.6 Método de Análisis de Datos

“Consiste en interpretar los hallazgos relacionados con el problema de investigación, objetivos propuestos, hipótesis y/o preguntas formuladas [...] con la finalidad de evaluar si se confirma las teorías o no y si existen debates entre las teorías ya existentes”⁴³. Se tiene que interpretar los resultados obtenidos del laboratorio, realizando cuadros y gráficos para la comparación o mediante el

⁴³ (BERNAL, 2012 pág. 220)

software Excel. Y responder con criterio lo planteado en la matriz de consistencia.
ANEXO 3

3.7 Aspectos Éticos

El autor (a) ha respaldado la autoría de diversos autores seleccionados como sustento de toda proyecto de investigación, respetando sus ideas y análisis de resultados al igual que sus conclusiones.

El proceso del proyecto ha respetado los alineamientos establecidos por la Universidad Cesar Vallejo, cumpliendo con los requisitos de originalidad, autenticidad y ética.

IV. RESULTADOS

Memoria Descriptiva: Diseño convencional

Cantera Carapongo

La ubicación de la cantera está ubicada en el departamento de Lima, Provincia de Lima, distrito de Lurigancho como se muestra en las siguientes figuras.



Figura 10. Mapa político de la provincia de Lima.



Figura 11. Mapa político del Perú.

Distrito de Lurigancho - Chosica

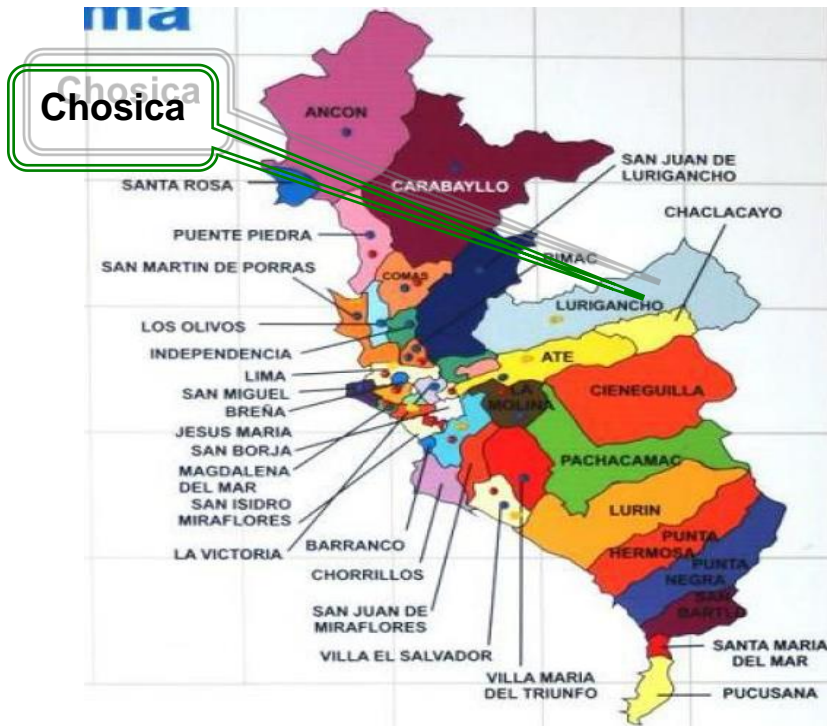


Figura 12. Mapa distrital de Lima Metropolitana

Mapa de ubicación de la cantera Carapongo



Figura 13. Mapa distrital de Lurigancho

Características físicas-mecánicas de los agregados

La trituración mecánica de los agregados en la cantera Carapongo se empleó una chancadora usando como secundaria, se empleó over de 5" lo cual, la mezcla convencional requiere de finos es por eso que, se utiliza filler como llenante de la mezcla. Como se puede observar en las imágenes los agregados tiene una forma redondeada, no muy cúbica debido a su proceso de chancado en la cantera.

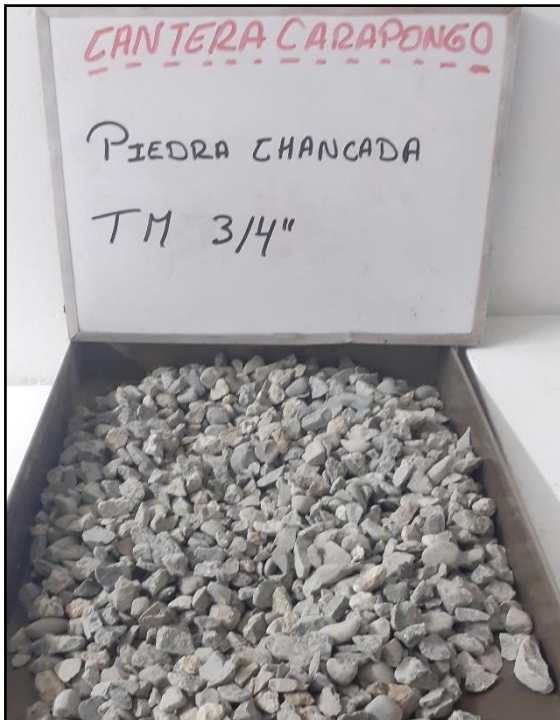


Figura 14. Piedra chancada-Carapongo

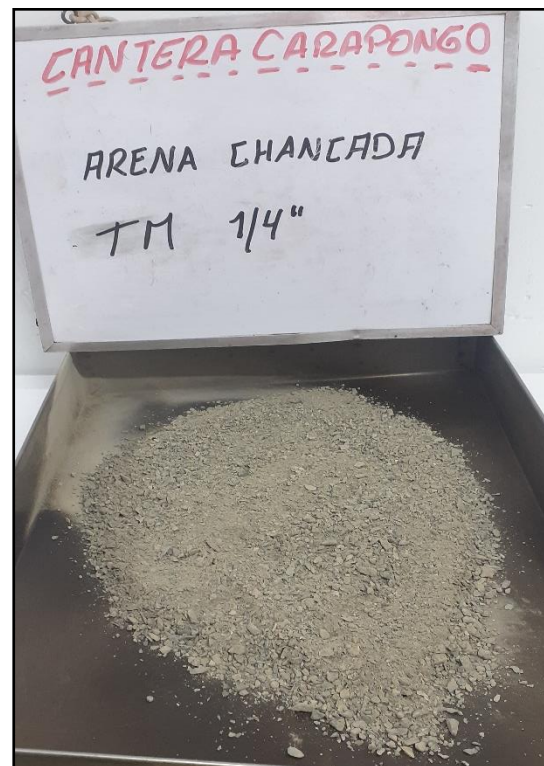


Figura 15. Arena Chancada-Carapongo

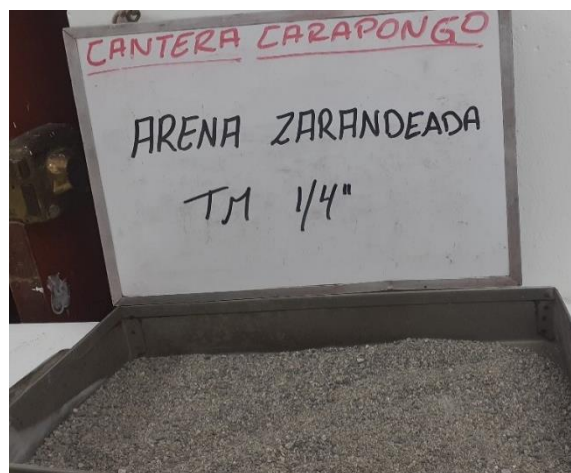


Figura 16. Arena Zarandeada-Carapongo

El agregado grueso tiene una forma redondeada no muy angular que es lo que se busca cuando se tritura un agregado para una mezcla asfáltica porque nos brinda más consistencia a la mezcla. Los resultados de calidad del agregado se pueden apreciar en la tabla 12.

Tabla 12. Resultados - Ensayo físicos Agregado Grueso

ENSAYOS	ESPECIFICACION TECNICA	RESULTADOS
Durabilidad	18 % Máx.	4,86%
Abrasión los Ángeles	40 %Máx.	19,5%
Partículas chatas y Alargadas	35% Mín.	8,8%
Caras fracturadas	10 % Máx.	83.1 - 73,7
Sales Solubles	0,5% Máx.	0.02 %
Absorción	1% Máx.	0,48%
Adherencia	95	> 95

Fuente: elaboración propia

Los agregados finos: deberán estar limpios y cumplir con los requerimientos de calidad del agregado, como se puede apreciar en la tabla 13.

Tabla 13. Resultados - Ensayo físico Agregado Fino

ENSAYO	ESPECIFICACIONES TECNICAS	RESULTADO
Equivalente de Arena	50% Mín.	54%
Índice de Plasticidad (Malla N° 40)	NP.	NP
Índice de Plasticidad (Malla N° 200)	4 Máx.	NP
Durabilidad Sulfato Magnesio	18 % Máx.	6.1 %
Sales Solubles		0.05 %
Materia Orgánica		0.04 %
Absorción	1 % Máx.	0.84%

Fuente: elaboración propia

Análisis Granulométrico

1. Agregado grueso se utilizó los tamices: $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, N° 4, N°8.

2. Agregado fino se empleó los tamices: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200
3. La muestra se obtiene mediante el cuarteo del agregado que está completamente uniformizado teniendo la suficiente humedad, evitando la segregación y pérdida de finos.
4. Agregado fino: luego del análisis granulométrico el agregado deberá tener como mínimo 300 gr.
5. Agregado grueso: luego del análisis granulométrico, el agregado deberá tener los pesos mínimos establecidos en la tabla 14

Tabla 14. Pesos mínimos del Agregado Grueso

Máximo tamaño nominal con aberturas cuadradas		Peso mínimo de la muestra de ensayo
mm	(Pulg)	kg
9.5	(3/8)	1
12.5	(1/2)	2
19.0	(3/4)	5
25.0	(1)	10
37.5	(1 1/2)	15
50.0	(2)	20
63.0	(2 1/2)	35
75.0	(3)	60
90.0	(3 1/2)	100
100.0	(4)	150
112.0	(4 1/2)	200
125.0	(5)	300
150.0	(6)	500

Fuente: Manual de ensayos EG-2000

6. Para la preparación de la muestra se seca por 24 horas en estufa con temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
7. Luego de pasadas las 24 horas se seca la muestra dejando enfriar 10 min.
8. El agregado fino se procede a ensayar luego del secado la muestra será de 310 gr, entonces lavamos en el tamiz N° 200 de forma circular y suave para evitar perder finos hasta que el agua sea cristalina. El material luego del lavado se coloca en un recipiente y se pone a secar por 24 h en el horno o estufa.
9. Para el agregado grueso TMN $\frac{1}{2}$ consideramos la muestra a ensayar de 2 kg.
10. El agregado fino lavado y retenido de la N° 200 es retirado del horno y dejando enfriar, se obtiene el peso lavado y peso seco (horno)

Resultado de las granulometrías

Los resultados física mecánicas de los agregados grueso, fino, zarandeada, filler se muestra en la siguiente tabla 15.

Tabla 15. Resumen general de los ensayos físicos de los agregados

AGREGADOS	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200
Piedra chancada	100	89.2	49.9	--	3.8	1.5	--	--	--
Arena chancada	100	100	100	100	89.0	53.8	24.2	16.2	6.0
Arena Zarandeada	100	100	100	100	92.3	69.3	25.2	8.8	2.3
Cal hidratada	100	100	100	--	100	100	99	97.9	95.9

Fuente: elaboración propia

Procedimiento para la combinación de los agregados

Luego de contar con la tabla de resumen de los ensayos físico-mecánico obtenidas del análisis granulométrico por tamizado, realizamos la dosificación correcta de los agregados: grava chancada $\frac{3}{4}$, arena chancada $\frac{1}{4}$, arena zarandeada $\frac{1}{4}$ y cal hidratada. Procedemos a realizar unos cálculos en Excel para la distribución correcta de los agregados.

Tabla 16. Dosificaciones para la granulometría MAC-2

COMBINACION DE LOS AGREGADOS	
Piedra Chancada	35%
Arena Chancada	22%
Arena Zarandeada	40%
Cal Hidratada (%)	3%

Fuente: elaboración propia

Con los porcentajes de cada agregado se realiza una multiplicación con los % pasante de las granulometrías individuales de los agregados, lo cual corresponde a la gradación MAC-2 teniendo como TMN $\frac{1}{2}$, siendo así que los % pasante deberá de cumplir con la especificación establecida para este diseño convencional, en la tabla 17 se muestra los resultados de la combinación teórica.

En la malla 200 se puede apreciar que, la arena chancada nos proporciona 6.0 de finos y la arena zarandeada 2,3 debido al lavado de arena que se realiza y es por ello que se requiere de filler para poder cumplir con los vacíos de la mezcla con un 96% de cal hidratada, cumpliendo con la especificación del **MAC-2** (4-8) y se obtuvo un 5,1 en la malla 200 como indica la **tabla 17**.

Tabla 17. Resultados de la Gradación MAC-2

TAMIZ	ABERT. mm.	% RETENIDO PARCIAL				Promedio % Que Pasa	ESPECIFICACIÓN	
		Grava Chancada	Arena Chancada	Arena Zarandeada	Cal Hidrat.		Mínima	Máxima
1 1/2 "	38,1						MAC 2	
1"	25,4						Mínima	Máxima
3/4"	19	100,0	100,0	100,0	100,0	100	100	100
1/2 "	12,5	89,2	100,0	100,0	100,0	96,2	80	100
3/8"	9,5	49,9	100,0	100,0	100,0	82,5	70	88
1/4 "	6,35		100,0	100,0				
Nº 4	4,75	3,8	89,0	92,3	100,0	60,8	51	68
Nº 8	2,36							
Nº 10	2,00	1,5	53,7	69,3	100,0	43,0	38	52
Nº 16	1,19							
Nº 30	0,6							
Nº 40	0,425	0,0	24,2	25,2	99,0	18,2	17	28
Nº 80	0,177		16,3	8,8	97,9	10,0	8	17
Nº 100	0,15							
Nº 200	0,075		6,0	2,3	95,9	5,1	4	8
< Nº 200								

Fuente: Elaboración propia

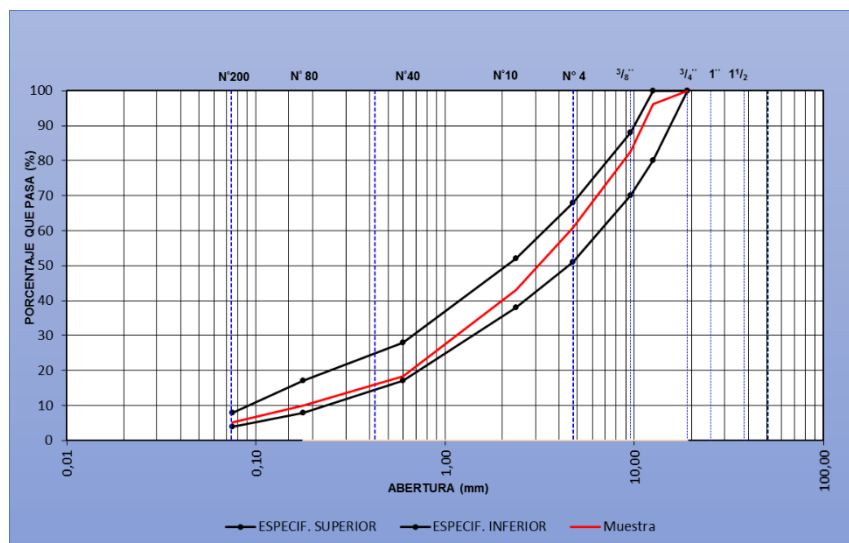


Figura 17. Curva granulométrica MAC-2

Diseño Marshall aplicando la gradación MAC 2

Para el diseño se realizó con diferentes %C.A. PEN 60/70 cuyo porcentajes fueron de: 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5% a lo que se les adicono el mejorador de adherencia QUIMIMIBOM 3000 en una proporción de 0,5% del peso del cemento asfáltico. Como se observa en la tabla... el resumen del diseño Marshall, con los valores promedio de: estabilidad corregida, flujo, % Va, %VFA, % VMA y peso bulk,

Tabla 18. Resultados del Método Marshall - %CA

contenido de cemento asfalto	4,5	5	5,5	6	6,5
peso específico de bulk	2,242	2,287	2,310	2,319	2,294
(Va) Vacíos de aire (%)	8,8	6,27	4,64	3,59	3,92
Vacíos de agregado mineral (VMA) (%)	17,79	16,73	16,35	16,47	17,82
Vacíos llenados (VFA) (%)	50,47	62,55	71,65	78,21	78,03
Flujo (mm)	2,62	2,88	3,13	3,47	3,60
Estabilidad corregida (kg)	631	723	859	985	905
Índice de rigidez (kg/cm)	2411,3	2513,2	2748,8	2840,9	2514,7

Fuente: Elaboración propia

En la tabla se observa los resultados de las intersecciones trazados por una línea recta con el óptimo % de cemento asfáltico que fue de 5,9%, logrando obtener la estabilidad máxima, peso bulk, % Va, %VMA, flujo, Índice de rigidez; como se indica en la **tabla 19**.

Tabla 19. Resultados Marshall - Óptimo %CA - Diseño Convencional

ESPECIFICACIONES	Resultado	Unidades	Condición	
Optimo Contenido C.A	+/- 0.3	5,90	(%)	Cumple
Peso Unitario	-	2,316	(gr/cm3)	Cumple
Vacíos al Aire	3 - 5	3,7	(%)	Cumple
V.M.A	Min. 14	16,4	(%)	Cumple
Vacíos Llenados C.A	-	76,9	(%)	Cumple
Flujo	2 - 4	3,4	(mm)	Cumple
Estabilidad	Min. 830	927,7	(Kg)	Cumple
Índice de Rigidez	1700 - 3000	2.751,7	(kg/cm)	Cumple

Fuente: elaboración propia

Memoria Descriptiva: Diseño de mezcla asfáltica en caliente con agregados chancados al 100%

Cantera Acaray

La ubicación de la cantera está ubicada en el departamento de Lima, Provincia de Huaura, distrito de Huaura como se muestra en las siguientes figuras.



Figura 18. Mapa político de la provincia de Lima

Figura 11. Mapa político del Perú.

La ubicación de la cantera Acaray se encuentra en el distrito de **Huaura**.



Figura 19. Mapa distrital de Huaura

Mapa de ubicación de la cantera Acaray



Figura 20. Ubicación de la cantera Acaray

El proceso de los agregados en la cantera Acaray, en su trituración o chancado de los agregados se empleó over de 4", Cono secundaria y terciaria. Obteniendo resultados beneficioso en los finos pasantes la malla N° 200.



Figura 21. Cantera Acaray-Proceso de agregado chancado

Los agregados de la cantera acaray tienen una forma más cubica debido al proceso del chancado del agregado como se observa en la **figuras 23 y 24**.



Figura 22. Piedra Grueso - Acaray.



Figura 23. Arena Chancada - Acaray

El agregado grueso tiene una forma muy angular que es lo que se busca cuando se tritura un agregado para una mezcla asfáltica porque nos brinda más consistencia a la mezcla. Los resultados de calidad del agregado se pueden apreciar en la tabla 20.

Tabla 20. *Ensayos físicos-Agregado grueso-Diseño chancado al 100%*

ENSAYOS	ESPECIFICACION TECNICA	RESULTADOS
Durabilidad	18 % Máx.	3,43%
Abrasión los Ángeles	40 %Máx.	12,10%
Partículas chatas y Alargadas	35% Mín.	4,60%
Caras fracturadas	10 % Máx.	95,7 - 88
Sales Solubles	0,5% Máx.	--
Absorción	1% Máx.	0,45%
Adherencia	95	> 95

Fuente: elaboración propia

Los agregados finos: deberán estar limpios y cumplir con los requerimientos de calidad del agregado, como se puede apreciar en la tabla 21

Tabla 21. *Ensayos físicos-Agregado fino-Diseño chancado al 100%*

ENSAYO	ESPECIFICACIONES TECNICAS	RESULTADO
Equivalente de Arena	50% Mín.	61%
Índice de Plasticidad (Malla N° 40)	NP.	NP
Índice de Plasticidad (Malla N° 200)	4 Máx.	NP
Durabilidad Sulfato Magnesio	18 % Máx.	4.33
Absorción	1 % Máx.	0.91%

Fuente: elaboración propia

Análisis Granulométrico

1. Agregado grueso se utilizó los tamices: $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{8}$, N° 4, N°8.
2. Agregado fino se empleó los tamices: N°4, N°8, N°16, N°30, N°50, N°100, N°200
La muestra se obtiene mediante el cuarteo del agregado que está completamente uniformizado teniendo la suficiente humedad, evitando la segregación y pérdida de finos.

3. Agregado fino: luego del análisis granulométrico el agregado deberá tener como mínimo 300 gr.
4. Agregado grueso: luego del análisis granulométrico, el agregado deberá tener los pesos mínimos establecidos en la tabla 22

Tabla 22. Cantidad mínima de muestra de agregado grueso

Tamaño Máximo Nominal Abertura Cuadrada		Cantidad mínima de muestra de ensayo
mm	(pulg)	Kg
9,5	(3/8)	1
12,5	(1/2)	2
19,0	(3/4)	5
25,0	(1)	10
37,5	(1 1/2)	15
50,0	(2)	20
63,0	(2 1/2)	35
75,0	(3)	60
90,0	(3 1/2)	100
100,0	(4)	150
125,0	(5)	300

Fuente: Manual de ensayos de materiales MTC-2014

5. Para la preparación de la muestra se seca por 24 horas en estufa con temperatura de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.
6. Luego de pasadas las 24 horas se seca la muestra dejando enfriar 10 min.
7. El agregado fino se procede a ensayar luego del secado la muestra será de 310 gr, entonces lavamos en el tamiz N° 200 de forma circular y suave para evitar perder finos hasta que el agua sea cristalina. El material luego del lavado se coloca en un recipiente y se pone a secar por 24 h en el horno o estufa.
8. Para el agregado grueso TMN $\frac{1}{2}$ consideramos la muestra a ensayar de 2 kg.
9. El agregado fino lavado y retenido de la N° 200 es retirado del horno y dejando enfriar, se obtiene el peso lavado y peso seco (horno)

Resultado de las granulometrías: los resultados física mecánicas de los agregados grueso, fino, zarandeada, filler se muestra en la siguiente tabla 23.

Tabla 23. Resumen general de agregados chancados al 100%

AGREGADOS	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200
Piedra chancada 3/4"	100	86.8	54.5	1.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Arena chancada 1/2"	100	100	100	95.2	66.7	42.7	28.3	20.5	13.5	10.2

Fuente: elaboración propia

Procedimiento para la combinación de los agregados:

Con la tabla de resumen de: ensayos físico-mecánico obtenidas del análisis granulométrico por tamizado, realizamos la dosificación correcta de los agregados: grava chancada $\frac{3}{4}$ ", arena chancada $\frac{1}{2}$ ". Con los porcentajes de cada agregado se realiza una multiplicación con los % pasante de las granulometrías individuales de los agregados, lo cual corresponde a la gradación densa ASTM D 3515, teniendo como TMN $\frac{1}{2}$ ", siendo así que los % pasante deberán de cumplir con la especificación establecida para este diseño.

Tabla 24. Dosificación para la granulometría ASTM D 3515

Agregados	Dosificación Diseño	Procedencia
Grava Chancada 3/4"	48%	Cantera Acaray
Arena Chancada 1/4"	52%	Cantera Acaray

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25. Resultados de la combinación teórica ASTMD-3515

TAMIZ	ABERT. mm.	% RETENIDO PARCIAL		Promedio % Que Pasa	ESPECIFICACIÓN	
		Grava Chancada 3/4"	Arena Chancada		Mínima	Máxima
1 1/2 "	38,1				ASTM 3515 (D-5)	
1"	25,4				Mínima	Máxima
3/4"	19	100	100	100	100	100
1/2 "	12,5	86,8	100,0	93,7	90	100
3/8"	9,5	54,4	100,0	78,1		
1/4 "	6,35					
Nº 4	4,75	1,1	95,2	50,0	44	74
Nº 8	2,36	0,0	66,7	34,7	28	58
Nº 10	2					
Nº 16	1,19	0,0	42,7	22,2		
Nº 30	0,6	0,0	28,3	14,7		
Nº 40	0,425	0,0				
Nº 50	0,3	0,0	20,5	10,7	5	21
Nº 80	0,297	0,0				
Nº 100	0,15	0,0	13,5	7,0		
Nº 200	0,075	0,0	10,2	5,3	2	10
< Nº 200						

Fuente: elaboración propia

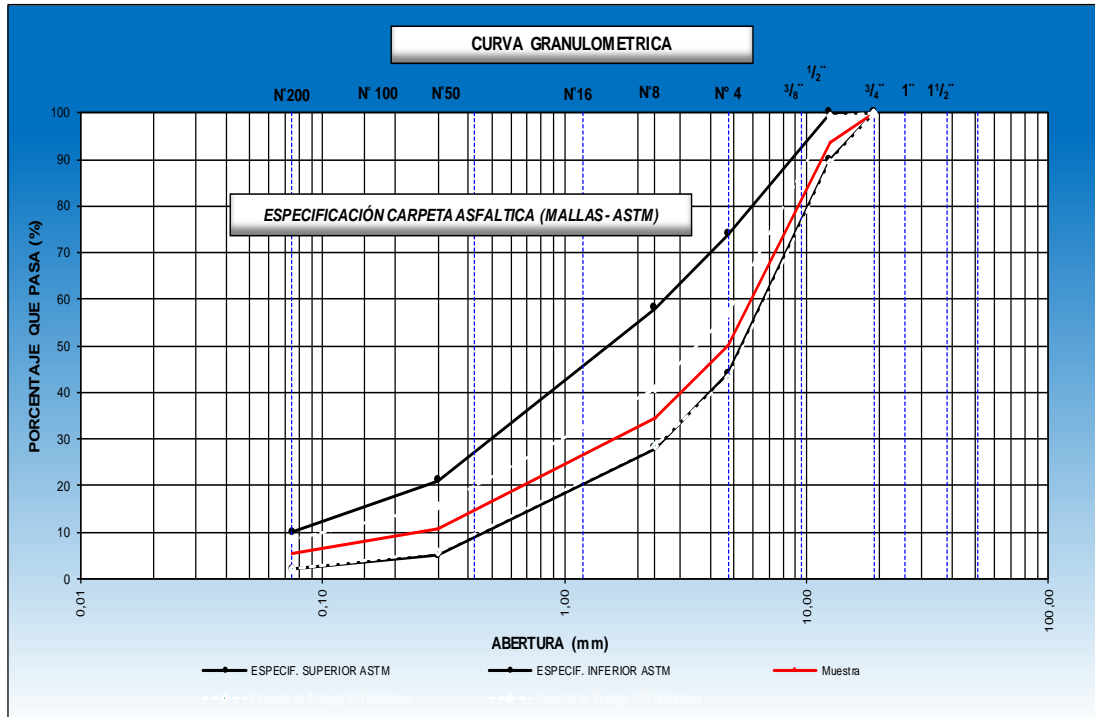


Figura 24. Curva granulométrica ASTMD D 3515

El agregado tiene como tamaño máximo nominal 1/2", utilizando la especificación ASTM D 3515 con las restricciones de la metodología superpave. Para el cálculo de las combinaciones se verifica que cumpla con los parámetros de la zona restringida como se indica en la figura 26

Tabla 26. Restricción de la superpave

Descripción			Tamaño Nominal 1/2"				% que pasa en el diseño de mezcla	ESPECIFICACIÓN		
TAMIZ	ABERT. mm.	Potencia 0.45	Puntos de Control		Zona Restringida			Máxima Densidad	ASTM 3515 (D-5)	
					Mín.	Máx.			Mín.	Máx.
1 1/2"	38,100	5,145						Mín.	Máx.	
1"	25,400	4,287								
3/4"	19,000	3,762	100	100			100,0	100	100	
1/2"	12,500	3,116	90	100			82,8	93,7	100	
3/8"	9,500	2,754					73,2	78,1		
1/4"	6,350	2,297					61,1			
N° 4	4,750	2,016					53,6	50,0	44 74	
N° 8	2,360	1,472	28	58	39,1	39,1	39,1	34,7	28 58	
N° 10	2,000	1,366					36,3			
N° 16	1,190	1,081			25,6	31,6	28,7	22,2		

Nº 20	0,840	0,925					24,6			
Nº 30	0,600	0,795			19,1	23,1	21,1	14,7		
Nº 40	0,425	0,680					18,1			
Nº 50	0,297	0,579			15,5	15,5	15,4	10,7	5	21
Nº 80	0,177	0,459					12,2			
Nº 100	0,150	0,426					11,3	7,0		
Nº 200	0,075	0,312	2	10			8,3	5,3	2	10
< Nº 200	-	-								

Fuente: elaboración propia

El valor del % que pasa cumple con los requerimientos establecidos por la metodología Superpave, donde se observa en la figura 26 que no cae fuera de los puntos de control, por lo tanto los resultados son favorables para el diseño de mezcla asfáltica en caliente con agregados chancados al 100%.

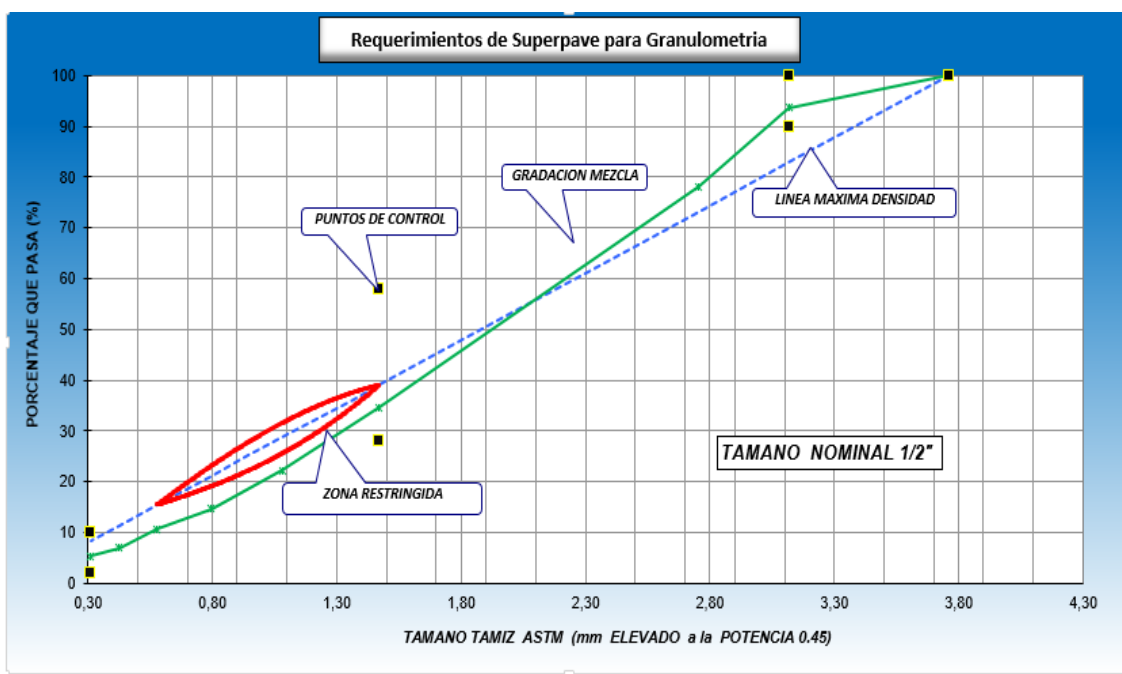


Figura 25. Restricción de la granulometría Superpave

Determinación del contenido óptimo de asfalto

Para el diseño se realizó con diferentes %C.A. PEN 60/70 cuyo porcentajes fueron de: 4.5%, 5%, 5.5%, 6% y 6.5% a lo que se les adicione el mejorador de adherencia QUIMIMIBOM 3000 en una proporción de 0,5% del peso del cemento asfáltico.

Como se observa en la tabla... el resumen del diseño Marshall, con los valores promedio de: estabilidad corregida, flujo, % Va, %VFA, % VMA y peso bulk, para la obtención del %óptimo de asfalto como se indica en la tabla 27.

Tabla 27. Resultados Método Marshall - %CA

contenido de cemento asfalto	4,5	5	5,5	6	6,5
peso específico de bulk	2,454	2,483	2,508	2,524	2,501
(Va) Vacíos de aire (%)	6.88	5.09	3.45	2.08	2.29
Vacíos de agregado mineral (VMA) (%)	17.72	16.82	16.79	16.68	17.88
Vacíos llenados (VFA) (%)	60.80	69.77	79.49	87.53	87.18
Flujo (mm)	2.84	3.09	3.34	3.52	2.85
Estabilidad corregida (kg)	965	1150	1281	1248	1237
Índice de rigidez (kg/cm)	3405.4	3721.5	3831.2	3544.9	3211.8

Fuente: elaboración propia

En la tabla se observa los resultados de las intersecciones trazados por una línea recta con el óptimo % de cemento asfáltico que fue de 5,3%, logrando obtener la estabilidad máxima, peso bulk, % Va, %VMA, flujo, Índice de rigidez; como se indica en la tabla 28.

Tabla 28. Resultado - Óptimo %CA - Diseño agregado chancado al 100%

Especificaciones		Resultado	Unidades	Condición
Óptimo Contenido C.A	+/- 0.3	5,30	(%)	Cumple
Peso Unitario	-	2,504	(gr/cm ³)	Cumple
Vacíos al Aire	3 - 5	4,0	(%)	Cumple
V.M.A	Min. 14	16,7	(%)	Cumple
Vacíos Llenados C.A	-	76,3	(%)	Cumple
Flujo	2 - 4	3,2	(mm)	Cumple
Estabilidad	Min. 830	1210,3	(Kg)	Cumple
Índice de Rigidez	1700 - 4000	3.490,6	(kg/cm)	Cumple

Fuente: elaboración propia

Análisis de precio unitario de los agregados en la mezcla asfáltica,

Diseño de mezcla asfáltica con agregado convencional su APU se puede apreciar en la tabla 29

Tabla 29. APU - Diseño Convencional

ANALISIS DE COSTO PARA MEZCLA ASFÁLTICA CONVENCIONAL					
Partida	Producción de mezcla asfáltica en caliente PEN 60/70				
Rendimiento	m3/día				
Costo unitario m3	280,76	(sin IGV)			
	Und.	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
MATERIALES					
Piedra Chancada	m3		0,43	45,0	14,95
Arena Chancada	m3		0,25	45,0	8,58
Arena Zarandeada	m3		0,55	55,0	22,16
Filler (Cal Hidr.)	kg		52,50	1,0	52,50
Aditivo (Quimibond)	gal./m3		0,25	58,3	14,58
PEN 60/70	gal./m3		28,00	6,0	168,00
					295,79

Fuente: Elaboración propia

Diseño de mezcla asfáltica en caliente con agregados chancados al 100% su APU se puede apreciar en la tabla 30

Tabla 30. APU - Diseño con agregado chancado al 100%

ANALISIS DE COSTO PARA MEZCLA ASFÁLTICA CON AGREGADOS CHANCADOS AL 100%					
Partida	Producción de mezcla asfáltica en caliente PEN 60/70				
Rendimiento	m3/día				
Costo unitario m3	238,98	(sin IGV)			
	Und.	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
Materiales					
Piedra Chancada	m3		0,51	70	30,60
Arena Chancada	m3		0,63	70	37,80
Aditivo (Quimibond)	gal.		0,25	58,3	14,58
PEN 60/70	gal.		26,00	6,0	156,00
					250,38

Fuente: Elaboración propia

Análisis de precio unitario de los agregados en la mezcla asfáltica, en la diferencia económico de ambos diseños de mezcla asfáltico en caliente es necesario tener los precios por m³ de los agregados, aditivo (Quimibond), Pen 60/70, Filler (cal hidratada), la mezcla asfáltica. Con respecto a la procedencia de los materiales el agregado chancado pasa por un cono terciario produciendo los finos necesarios para el diseño establecido siendo más económico a previa vista porque no se emplea cal hidrata siendo efecto es un ahorro en el proceso del diseño, teniendo un ahorro de S/45,41 siendo muy beneficio en las producciones de mezcla asfáltica.

De los objetivos planteados en la matriz de consistencia, se procede a responder ya con los resultados obtenidos flujo, estabilidad e índice de rigidez, como se indica los objetivos específicos:

- Primer objetivo específico es **FLUJO**

Mezcla asfáltica convencional **VS** mezcla asfáltica con agregados chancados al 100%, de acuerdo a la capacidad de cada diseño se evalúalo los resultados obtenidos por el método Marshall como se indica en la **figura 27**.

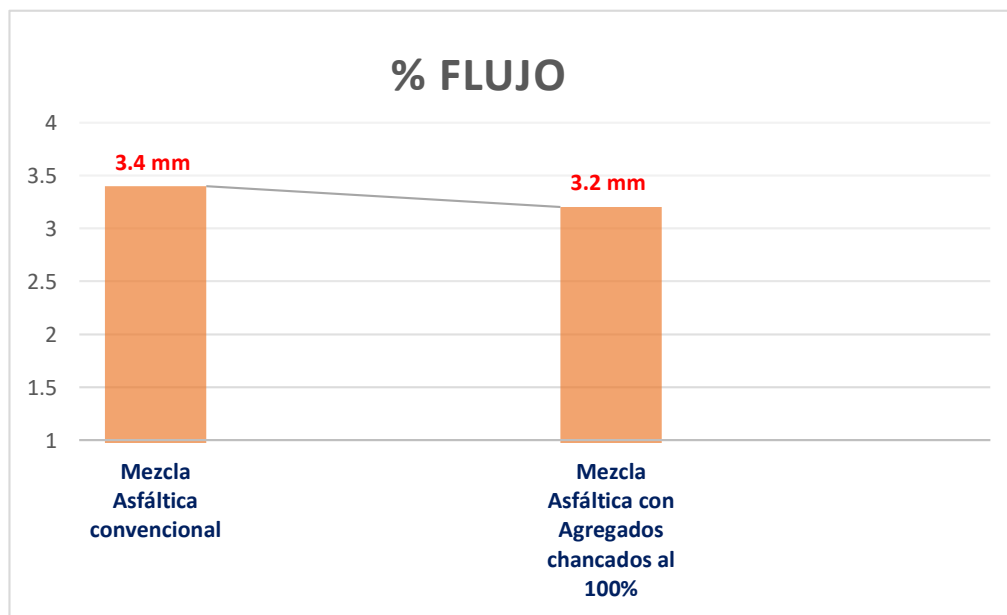


Figura 26. Comparación - Flujo

La MAC convencional presenta mayor deformación del espécimen con 3,6 mm de flujo siendo el punto máxima de carga debido al alto %CA 5.9% , a diferencia del MAC con agregados chancados al 100% su flujo presentó 3,2 mm presentando menor deformación del espécimen cumpliendo con los parámetros (2 – 4) de diseño establecidos.

- Segundo objetivo específico es **ESTABILIDAD**

Mezcla asfáltica convencional **VS** mezcla asfáltica con agregados chancados al 100%, de acuerdo a la capacidad de cada diseño se evalúalo los resultados obtenidos por el método Marshall como se indica en la **figura 31**

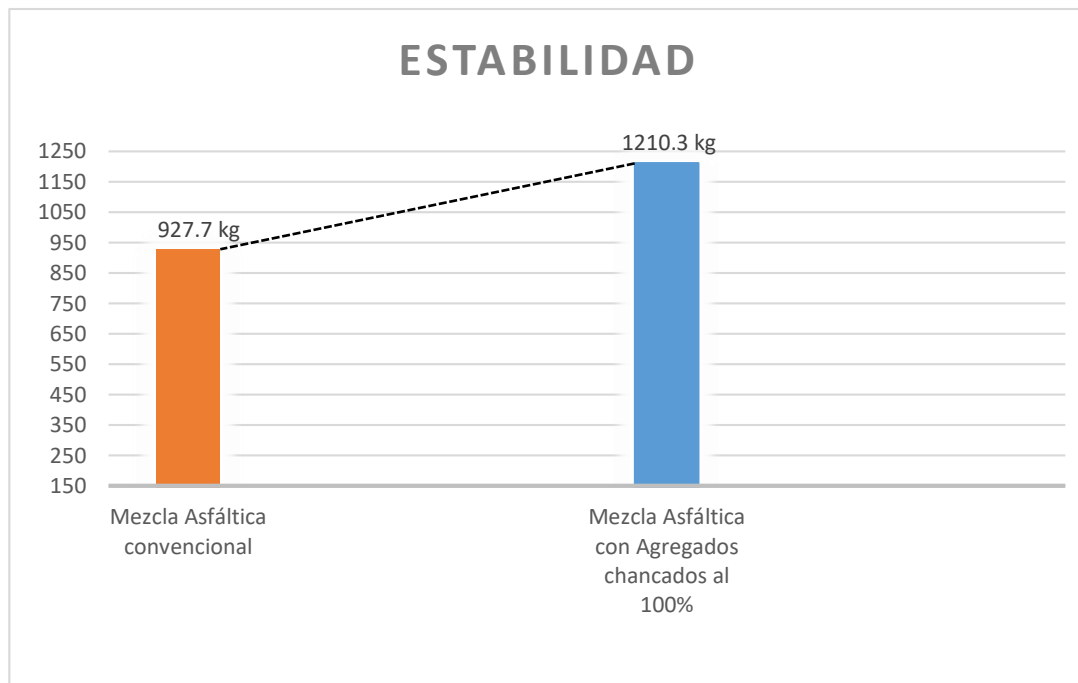


Figura 27. Comparación - Estabilidad

Se observa en la **figura 28**, la mezcla asfáltica con agregados chancados al 100%, en su composición presenta un mejor cuerpo esquelético teniendo una resistencia más de 282,6 kg a diferencia del convencional, recibiendo las mismas cargas de tránsito a la que sean sometidas. De manera más específica la mezcla con agregados chancados al 100% tiene una textura más rugosa debido al proceso de sus agregados, teniendo mejor resistencia que el diseño convencional.

- Tercer objetivo específico es: **ÍNDICE DE RIGIDEZ**

Mezcla asfáltica convencional VS mezcla asfáltica con agregados chancados al 100%, de acuerdo a la capacidad de cada diseño se evalúalo los resultados obtenidos por el método Marshall como se indica en la **figura 29**

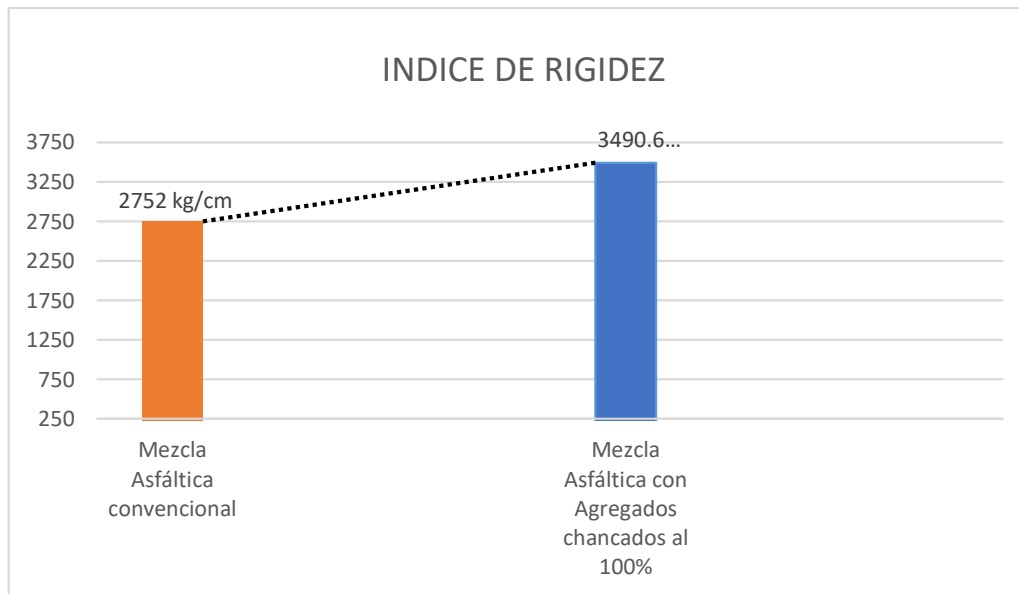


Figura 28. Comparación - Índice de Rigidez

Se observa en la **figura 29**, la mezcla asfáltica con agregados chancados al 100% al tener una textura más rugosa, resistiendo una carga de 738,6 kg más que el convencional, recibiendo las mismas cargas de tránsito a la que sean sometidas. De manera más específica la mezcla con agregados chancados al 100% debido al proceso de sus agregados tiene mejor comportamiento mecánico, mayor vida útil al pavimento a diferencia del diseño convencional debido al proceso de sus agregados no presenta buen comportamiento mecánico y con el tiempo tiende a deformarse y no llegan a cumplir su vida útil.

V. DISCUSIÓN

Discusión 1: Flujo

De acuerdo al tesista Villafana y Ramírez (2019), tuvo como resultado en el diseño modificado BETUTEC IC (el % de asfalto es de 5.3%, su flujo de 3.33 mm), con una deformación del espécimen similar al flujo que obtuvimos en el diseño propuesto con agregados chancados al 100% con e 3,2 mm estando casi en el punto medio de los parámetros 2 – 4 al igual que resultado de diseño modificado con polímero BETUTEC IC, siendo la mezcla favorable y teniendo menor deformación del espécimen debido al % de asfalto que ambos presentan un 5,3% siendo bajo y óptimo para el diseño de MAC.

Discusión 2: Flujo

De acuerdo al tesista Ramirez y Tananta (2018), en su proyecto de investigación de acuerdo a su resultado del método Marshall el flujo 3.75 mm en su diseño de MAC con gránulos de plástico cumple con la especificación (2–4) teniendo una dosificación de mezcla (grava chancada < 1/2 30% , arena chancada < 3/8 25%, la Arena Natural 15%, Aditivo Quimibond 3000-0.5%, PEN 60/70 y 30% gránulos de plástico reciclado-plasterbase teniendo un 5.67% óptimo de cemento asfáltico estando muy cerca de los parámetros de diseño presentando mayor deformación del espécimen con 3.75mm debido al alto % de cemento asfáltico. Con respecto al diseño con agregados chancados al 100% hay discrepancia con la tesis mencionada en el párrafo anterior, debido que el flujo presento menor deformación de espécimen con 3.2 mm obtenido mediante el Método Marshall cumpliendo con la especificación (2-4), tenido una variación en la dosificación de diseño (48% piedra chancada y 52% arena chancada), siendo la mezcla más favorable y menos fricción interna debido a la forma cúbica que tiene el agregado teniendo un porcentaje de asfalto de 5,3% siendo bajo y óptimo para el diseño de mezcla asfáltica en caliente.

Discusión 3: Estabilidad

De acuerdo al tesista Ramirez y Tananta (2018), en su proyecto de investigación de acuerdo su resultado realizado por el método Marshall tuvo la estabilidad 1201 kg en su diseño de MAC con gránulos de plástico cumpliendo con la especificación (850 mín.) teniendo buena resistencia la mezcla con una dosificación (grava chancada < 1/2 30% , arena chancada < 3/8 25%, la Arena Natural 15%, Aditivo Quimibond 3000-0.5%, PEN 60/70 y los Gránulos de plástico reciclado-plasterbase plásticos 30%. Con respecto al diseño con agregados chancados al 100% hay discrepancia con la tesis mencionada en el párrafo anterior, debido que la estabilidad es 1210 kg teniendo cierta cercanía al resultado del tesista con una variación en la dosificaciones de diseño empleando (48% piedra chancada y 52% arena chancada), presentando mejor resistencia teniendo buen cuerpo esquelético, teniendo el agregado de forma angular y áspero para que tenga buena textura superficial, dando como resultado una alta estabilidad a la mezcla.

Discusión 4: Índice de rigidez

De acuerdo al tesista Ramirez y Tananta (2018), en su proyecto de investigación de acuerdo su resultado realizado por el método Marshall el índice de rigidez 3203 kg/cm con diseño de MAC con gránulos de plástico, teniendo buena resistencia la mezcla y buen comportamiento mecánico empleando una dosificación (grava chancada < 1/2 30% , arena chancada < 3/8 25%, la Arena Natural 15%, Aditivo Quimibond 3000-0.5%, PEN 60/70 y los Gránulos de plástico reciclado-plasterbase plásticos 30%). Con respecto al diseño con agregados chancados al 100% hay discrepancia con la tesis mencionada en el párrafo anterior, debido que el índice de rigidez es 3490.6 kg/cm sin tener relación con el resultado obtenido por el tesista, puede ser por la dosificación empleada en el diseño con una variación en sus porcentajes (48% piedra chancada y 52% arena chancada), de manera más específica la mezcla con agregados chancados al 100% pasa por un cono terciario proporcionando agregados de forma cubica brindando resistencia a la mezcla.

Discusión 5: Flujo

De acuerdo al tesista **Noruega y Paiva (2017)**, en su proyecto de investigación de acuerdo a su resultado del método Marshall el flujo 3.5 mm y %CA 5.1%, la cumple con los parámetros de diseño (2-4), siendo su dosificación (triturada 4^{ta}=25%, triturada 5^{ta}=20%, triturada 6^{ta}=45%, arena=9%, filler=1%). Con respecto al diseño con agregados chancados al 100% hay discrepancia con la tesis mencionada, el flujo 3.2 mm obtenido mediante el Método Marshall cumple con la especificación (2-4), con una variación en % CA 5.3%, debido al porcentaje de diseño (48% piedra chancada y 52% arena chancada), ya que el tesista empleo agregados de tipo traquita sin tener relación alguna con los agregados chancados al 100% explotados en la cantera empleando un cono terciario. Sin embargo, ambos resultados presentan una mínima variación proporcionando buena resistencia a la mezcla ante las deformaciones permanente ante tránsito pesado.

Discusión 6: Estabilidad

De acuerdo al tesista Noruega y Paiva (2017), en su proyecto de investigación su resultado del método Marshall la estabilidad 871 kg cumple con la especificación (850 mín.) estando muy cerca del parámetro su diseño presenta buena resistencia teniendo como dosificación (triturada 4^{ta}=25%, triturada 5^{ta}=20%, triturada 6^{ta}=45%, arena=9%, filler=1%). Con respecto al diseño con agregados chancados al 100% hay discrepancia con la tesis mencionada, la estabilidad 1210 kg cumple con el parámetro, debido al porcentaje de diseño (48% piedra chancada y 52% arena chancada), ya que el tesista empleo agregados de tipo traquita sin tener relación alguna con los agregados chancados al 100% explotados en la cantera empleando un cono terciario. Sin embargo, ambos resultados presentan una variación significativa por la procedencia de sus agregados y dosificaciones empleadas en el diseño de MAC.

Discusión 7: Índice de rigidez

De acuerdo al tesista **Noruega y Paiva** (2017), en su proyecto de investigación su resultado del método Marshall la relación estabilidad/flujo 2464 kg/cm el diseño presenta buena resistencia ante deformaciones permanentes debido a las cargas de tránsito pesado, teniendo como dosificación (triturada 4ta=25%, triturada 5ta=20%, triturada 6ta=45%, arena=9%, filler=1%). Con respecto al diseño con agregados chancados al 100% hay discrepancia con la tesis mencionada, la relación estabilidad flujo 3490,6 kg/cm debido al porcentaje de diseño (48% piedra chancada y 52% arena chancada), ya que el tesista empleo agregados de tipo traquita sin tener relación alguna con los agregados chancados al 100% explotados en la cantera empleando un cono terciario. Sin embargo, ambos resultados presentan una variación significativa por la procedencia de sus agregados y dosificaciones empleadas en el diseño de MAC.

V. CONCLUSION

Conclusiones Generales

Lo planteado como objetivo general, Determinar de qué manera influye el agregado chancado al 100% en la mezcla asfáltica en caliente a diferencia de un agregado convencional. Debido a los resultados obtenidos por el método Marshall empleando aditivo Quimibond 3000 - 0,5 % y PEN 60/70 para ambos diseños y la verificación, se determinó el flujo, estabilidad, índice de rigidez.

Teniendo como diseño MAC con agregados chancados, su óptimo %CA 5.3 con una dosificación 48% piedra chancada y 52% arena chancada. Con respecto al diseño convencional el óptimo %CA 5.9 con una dosificación de 33% arena chancada, 44% arena chancada, 22% arena zarandeada, 3% cal hidratada.

Demostrando que el comportamiento de los agregados chancados al 100% en la mezcla muestra mejor resistencia y deformación ante las cargas de tránsito pesado con una estabilidad 1210.3 kg e índice de rigidez 3490 kg/cm siendo superior al diseño MAC convencional.

1. Del objetivo 1 flujo: se concluye que la MAC convencional presenta mayor deformación del espécimen con 3,6 mm siendo el punto máximo de carga, a diferencia del MAC con agregados chancados al 100% su flujo presentó 3,2 mm presentando menor deformación del espécimen cumpliendo con los parámetros (2 – 4) de diseño establecidos.
2. Del objetivo 2 estabilidad: se concluye que MAC convencional presentó baja resistencia 927.7 kg cerca del parámetro establecido siendo poco favorable para la mezcla, sin embargo, el MAC con agregados chancados al 100% presentó buena resistencia 1210.3 kg cumpliendo con el parámetro, teniendo buena

resistencia siendo muy favorable para la mezcla resistiendo 283 kg más que el diseño convencional.

3. Del objetivo 3 índice de rigidez: se concluye que MAC convencional presenta baja resistencia 2752 kg/cm debido a la forma de sus agregados y su dosificación teórica con más % de arena, a diferencia del MAC con agregados chancados al 100% presentando buena resistencia 3490.6 kg/cm debido a la forma cubica que tiene el agregado, con su dosificación teoría %50 de piedra y 50% de arena brindando buen cuerpo esquelético a la mezcla.
4. De acuerdo al análisis de precios de unitarios de ambos diseños se concluyó, que el diseño MAC con agregados chancados al 100% es más económico que el MAC convencional con un ahorro de S/. 45.41 presentando una ventaja relativamente económica y protección medio ambiental frente al diseño convencional que se emplean en el Perú siendo el diseño Mac con agregados chancados para un tráfico pesado.

VI. RECOMENDACIÓN

Se recomienda que el proceso de trituración en las canteras emplee el **cono terciario** en su proceso de chancado, siendo beneficioso proporcionando los finos necesarios para los diseños de MAC, evitando el uso de cal hidrata y arena zarandeada porque, los agregados convencionales en su proceso del lavado de arena se pierde los finos necesarios para los diseños de MAC teniendo que emplear filler generando un alto costo en sus diseños y mayor contaminación ambiental.

En la actualidad las vías tienen un alto porcentaje de ESAL por año por lo tanto se requiere hacer diseños con agregados triturados mecánicamente al 100% porque nos da mayor soporte de estabilidad e índice de rigidez.

Se recomienda usar la MAC con agregados chancados al 100% ya que los resultados del ensayo MARSHALL presento mejor estabilidad, flujo e índice de rigidez presentando buen cuerpo esquelético.

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONCISTENCIA

TITULO: COMPORTAMIENTO DE LOS AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019						
AUTOR: ROMERO TAMARIS ANAHI						
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES E INDICADORES			TIPO Y METODO DE INVESTIGACION
Problema General	Objetivo General	Hipotesis General	Variable 1: Mezcla asfáltica en caliente			Método Científico Tipo: Aplicada Enfoque: Cuantitativo
¿De que manera influye los agregados chancados al 100% a diferencia del agregado convencional en la mezcla asfáltica en caliente?	Determinar si el agregado chancado al 100% influirá en el comportamiento de la mezcla asfáltica en caliente a diferencia de un agregado convencional	El agregado chancado influirá de manera positiva al diseño de mezcla asfáltica en caliente a diferencia del agregado convencional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	
			Flujo	Deformación	MTC E-504 ASTMD-1559 AASHTO T-245	
			Estabilidad	Resistencia		
			Indice de Rigidez	Relacion estabilidad y flujo		
Problema especifico	Objetivo especifico	Hipotesis especifico	variable 2: Agregado chancado al 100% y agregado convencional			Diseño: Causi-Experimental Población y Muestra: 30 briquetas Técnica: Observación experimental
¿De que manera influye el flujo en la mezcla asfáltica en caliente con agregados chancados al 100% a diferencia del agregado convencional?	Determinar el flujo en las mezclas asfálticas en caliente con agregados chancados al 100% a diferencia del agregado convencional	El agregado chancado al 100% ayudará a mejorar el flujo en la mezcla asfáltica en caliente a diferencia del agregado convencional	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	
			Diseño de mezcla asfáltica en caliente aplicando la gradación MAC-2	Método Mashall	MTC E-207 ASTMC-131 AASHTO T-96 MTC - 219 MTC E-205 ASTMC-127, 128 AASHTO T-84, T-85	
¿De que manera influye la estabilidad en la mezcla asfáltica en caliente con agregados chancados al 100% a diferencia del agregado convencional	Determinar la estabilidad en las mezclas asfálticas en caliente con agregados chancados al 100% a diferencia del agregado convencional	El agregado chancados al 100% ayudará a mejorar la estabilidad en la mezcla asfáltica en caliente a diferencia del agregado convencional	Dosificación	35 % - 22% - 40% - 3%	MTC E-210 ASTM D-5821 MTC D-4791 MTC E-209 ASTMC-88 AASHTO T-104	
			Diseño de mezcla asfáltica en caliente aplicando la gradación ASTM D 3515	Método Mashall		
¿Como afectará el índice de rigidez de una mezcla asfáltica en caliente con agregados chancados al 100% a diferencia de una mezcla convencional?	Determinar el efecto que tiene el índice de rigidez de una mezcla asfáltica en caliente con agregados chancados al 100% a diferencia de un agregado convencional	Empleando agregado chancado al 100% mejorará el índice de rigidez de una mezcla asfáltica en caliente a diferencia de un agregado convencional	Dosificación	48% - 52%		

ANEXO 2. MATRIZ OPERACIONAL

TITULO: COMPORTAMIENTO DE LOS AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019					
AUTOR: ROMERO TAMARIS ANAHI					
VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
VARIABLE DEPENDIENTE	<p>Es una mezcla asfáltica en caliente de pavimentación y el agregado combinados en proporciones exactas. Relativamente en materiales que determina las propiedades físicas de la mezcla y el desempeño. Existiendo 2 métodos muy comunes utilizados en determinar de manera apropiada al diseño de asfalto y agregados (Asphalt Institute Manual Series N 22, p.65)</p>	<p>El comportamiento de la mezcla asfáltica se evaluará en su Estabilidad, Dureabilidad, Trabajabilidad e Índice de Rigidez</p>	Flujo	Deformación	RAZON
MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE			Estabilidad	Resistencia	RAZON
			Índice de Rigidez	Relación estabilidad y flujo	RAZON
			VARIABLE INDEPENDIENTE	<p>La piedra proviene de la trituración de los fragmentos extraídos del yacimiento o de piedra grande, teniendo partículas con caras fracturadas. En la producción de la piedra chancada se rompen los escalones de la piedra sana de una cantera mediante la dinamita y posterior reduce en la trituración de las piedras. El producto puede llegar a ser tamizados para lograr obtener el tamaño ideal (Asphalt Technology and Construction Practices, 1983, p.C7)</p>	<p>La incorporación de los agregados chancados al 100% en la mezcla asfáltica en caliente tendrá diferentes características y dosificaciones a comparación de una mezcla asfáltica con los agregados convencionales.</p>
AGREGADO CONVENCIONAL	Dosificación	35% - 22% - 40% - 3%	RAZON		
	AGREGADO CHANCADO AL 100%	diseño de mezcla en caliente aplicando la gradación ASTM D 3515			
Dosificación		48% - 52%			

ANEXO 3. CERTIFICADOS DE ENSAYOS - DISEÑO CON AGREGADOS CHANCADOS AL 100% (Aplicando la Gradación ASTM D 3515)

	LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA		
LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA			
ABRASION LOS ANGELES			
(MTC E-207 / ASTM C-131, C-535 / AASTHO T-96)			
Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019		
Muestra:	Grava Chancada	Material :	Gradacion ASTM D 3515
Cantera:	Acaray	Fecha:	23/04/2020

Muestra				1	2	3
Pasa Tamiz		Retenido en Tamiz		PESOS Y GRANULOMETRIAS (grs) GRADACION		
mm	pulg.	pulg.	pulg.	B		
38.10	1 1/2"	1 1/2"	1"			
25.40	1"	1"	3/4"			
19.05	3/4"	3/4"	1/2"	2503		
12.70	1/2"	1/2"	3/8"	2504		
9.53	3/8"	3/8"	1/4"			
6.35	1/4"	1/4"	N° 04			
4.75	N°4	N° 4	N° 08			
Peso Total				5007		
Pérdida después del ensayo				607		
Peso Obtenido				4400		
N° de Esferas				11		
Peso de las Esferas						
Porcentaje Obtenido				12.1		

OBSERVACIONES :


 LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA
CARAS FRACTURADAS

(MTC E-210 - ASTM D-5821)

Testis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019				
Muestra:	Grava Chancada	Material :	Gradacion ASTM D 3515	Fecha:	23/04/2020
Cantera:	Acaray				

A.- CON UNA CARA FRACTURADA

Tamaño Máximo del Agregado		Agregado Grueso			D (gr)	E (gr)	F (E/D)*100	G F*B
		Peso Retenido (A)	% Retenido (B)	% que Pasa (C)				
Pasa Tamiz	Retenido en Tamiz	(A)	(B)	(C)	(gr)	(gr)	((E/D)*100)	F*B
1 1/2"	1"							
1"	3/4"							
3/4"	1/2"	1630	27.6	72.4	2005	1888.0	94.2	2587.1
1/2"	3/8"	4280	72.4	27.6	1004	967.0	96.3	6975.1
TOTAL		5910	100.0					9672.2
Porcentaje con una Cara Fracturada		$\frac{\text{Total G}}{\text{Total B}}$		95.7				

B.- CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS

Tamaño Máximo del Agregado		Agregado Grueso			D (gr)	E (gr)	F (E/D)*100	G F*B
		Peso Retenido (A)	% Retenido (B)	% que Pasa (C)				
Pasa Tamiz	Retenido en Tamiz	(A)	(B)	(C)	(gr)	(gr)	((E/D)*100)	F*B
1 1/2"	1"							
1"	3/4"							
3/4"	1/2"	1630	27.6	72.4	2005	1786.0	89.1	2456.8
1/2"	3/8"	4280	72.4	27.6	1004	880.0	87.6	6347.5
TOTAL		5910	100.0					8804.3
Porcentaje con una Cara Fracturada		$\frac{\text{Total G}}{\text{Total B}}$		88.0				

OBSERVACIONES :

- D - Peso de la muestra requerida
- E - Peso del material con caras fracturadas
- F - Porcentajes de caras fracturadas

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.



 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA
DURABILIDAD DE AGREGADOS

(MTC E-209 / ASTM C-88 / AASTHO T-104)

Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019				
Muestra:	Grava Chancada	Material :	Gradacion ASTM D 3515	Fecha:	23/04/2020
Cantera:	Acaray				

AGREGADO GRUESO

Tamaño de Tamiz		Peso Requer. (gr.)	Recipient. N°	Peso Inicial (gr.)	Peso Final (gr.)	Pérdida		Escalonado Original	Pérdida Corregida
						Peso	%		
2"	1 1/2"								
1 1/2"	1"	1000 +/- 10							
1"	3/4"	500 +/- 30							
3/4"	1/2"	670 +/- 10	3	678.0	669.9	8.1	1.19	11.83	0.141
1/2"	3/8"	330 +/- 5	4	330.5	327.2	3.3	1.00	31.06	0.310
3/8"	N° 04"	300 +/- 5	5	300	294.7	5.3	1.8	56.2	3.0
TOTALES									3.43%

OBSERVACIONES : Ensayo realizado con Sulfato de Magnesio

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.


 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

Resumen de las Granulometrias- Agregado Grueso



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA

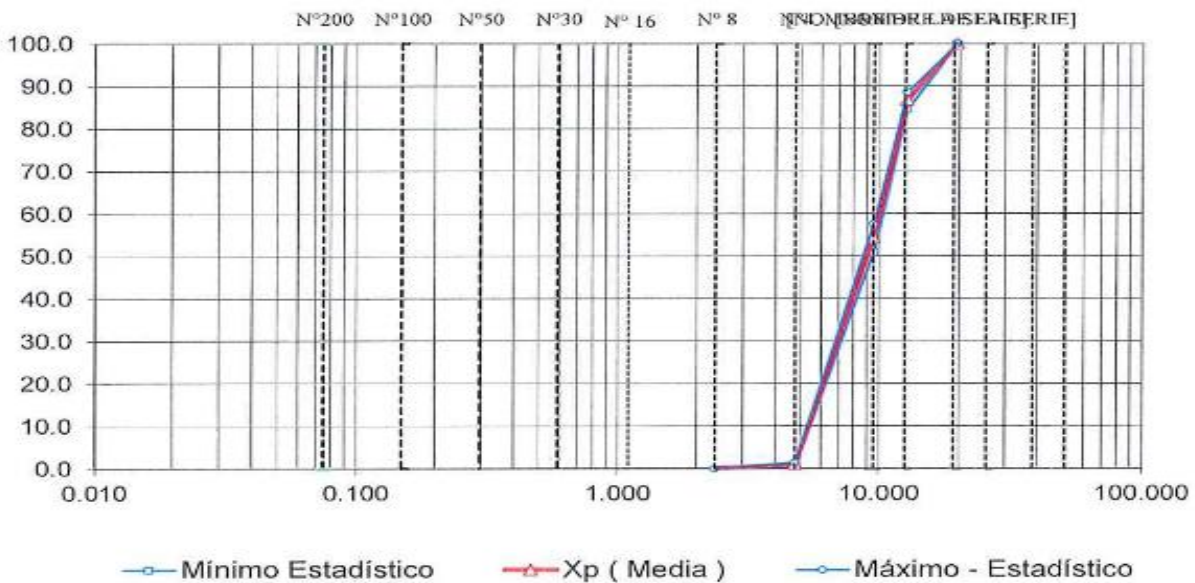


LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

CURVA GRANULOMETRICA - ESTADISTICA GRAVA CHANCADA PARA ASFALTO TAMAÑO MAX. 3/4"

ESTADISTICAS	% que Pasa por el Tamiz					
	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 8	--
ABERTURA (mm)	19.000	12.700	9.500	4.750	9.500	--
MIN - ESPECIFICACION	--	--	--	--	--	--
MIN - ESTADISTICO	100.0	84.6	51.0	0.5	0.0	
Xp (Media)	100.0	86.8	54.4	1.1	0.0	
MAX - ESTADISTICO	100.0	88.6	57.6	1.5	0.0	
MAX - ESPECIFICACION	--	--	--	--	--	--

Curva Granulométrica - Estadística



LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis :

COMPORTAMIENTO DE LOS AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL EN UNA MEZCLA ASFÁLTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRÁNSITO VEHICULAR, LIMA-2019

CUADRO RESUMEN DE GRAVA CHANCADA PARA ASFALTO T. MAX. 3/4"

Muestra:	Grava Chancada	Material :	Gradacion ASTM D 3515	Fecha:	28/04/2020
Cantera:	Acaray				

N° de Ensayos	Fecha	Análisis Granulométrico - % que Pasa Tamiz					Modulo de Finneza %	Peso Especifico gr/cc	Absorción %	Abrasion %	Ceras Fracturadas con 1 cara %	Ceras Fracturadas con 2 e más %	Partículas Chitas y Alargadas %	Sales Solubles %	DURAB. SULF. Megario (%)
		3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8									
01	23/04/20	100.0	88.2	57.1	0.9	0.0	-	2.882	0.45	12.1	95.7	88.0	4.6	-	3.43
02	24/04/20	100.0	88.4	51.0	0.7	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
03	25/04/20	100.0	88.0	52.8	1.2	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
04	25/04/20	100.0	85.1	52.8	1.3	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
05	26/04/20	100.0	84.6	55.4	1.5	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
06	25/04/20	100.0	87.4	53.2	0.5	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
07	27/04/20	100.0	88.2	57.6	1.5	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
08	27/04/20	100.0	86.9	54.8	1.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
09	28/04/20	100.0	87.0	55.2	1.2	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-
010	28/04/20	100.0	85.9	54.3	0.9	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-

n	10	10	10	10	10	0	10	10	1	1	1	1	0	1
S	1 000.0	868.2	544.2	10.8	0.0	0.0	2.9	0.4	12.1	95.7	88.0	4.6	0.00	3.43
ESPECIFICACION	-	-	-	-	-	-	-	-	40% Máx.	85% Mín.	50% Mín.	10% Máx.	0.5% Máx.	18% Máx.
Xp	100.0	88.8	54.4	1.1	0.0	0.0	2.882	0.45	12.1	95.7	88.0	4.6	-	3.43
MIN	100.0	84.6	51.0	0.5	0.0	0.0	-	-	12.1	95.7	88.0	4.6	-	3.43
MAX	100.0	88.6	57.6	1.5	0.0	0.0	-	-	12.1	95.7	88.0	4.6	-	3.43
DESV. ESTANDAR	0.0	1.4	2.0	0.9	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-
VARIANZA	0.0	1.8	4.2	0.1	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-
COEF. DE VARIACION	0.0	1.8	3.8	30.8	0.0	0.0	-	-	-	-	-	-	-	-

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.


 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

Ensayos fisicos del Agregado Fino

	LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA	
LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA		
LIMITES DE CONSISTENCIA		
(MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-99)		
Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019	
Muestra:	Arens Chancada	Material :
Cantera:	Acaray	Gradacion ASTM D 3515
		Fecha:
		23/04/2020

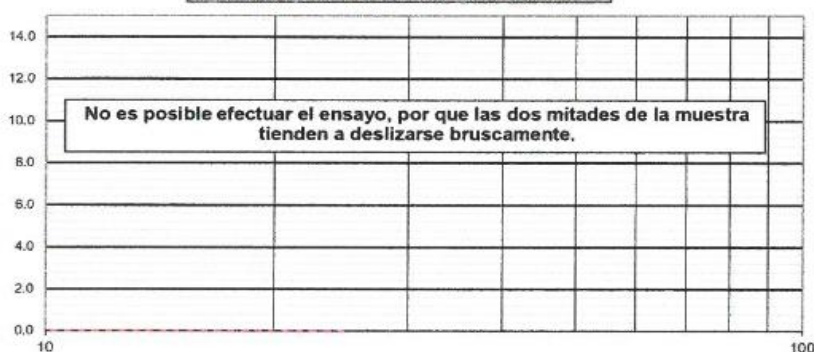
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO TAMIZ N°40

N° de Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.				
Peso de Tarro	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso del Suelo Seco	gr.				Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	NP	NP	NP	0
Numero de Golpes					

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.				
Peso de Tarro	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso de Suelo seco	gr.				Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	NP	NP		NP

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



Constantes Fisicas de la Muestra

Limite Liquido	0
Limite Plastico	NP
Indice de Plasticidad	NP

Observaciones

Pasante Tamiz N° 40


LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

**LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA****LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA****EQUIVALENTE DE ARENA**

(MTC E-114 / ASTM D-2419 / AASTHO T-176)

Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019				
Muestra:	Arena Chancada	Material :	Gradacion ASTM D 3515	Fecha:	23/04/2020
Cantera:	Acaray				

Descripcion	U/m	IDENTIFICACION				Promedio
		1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	mm	4.76	4.76	4.76		
Hora de entrada a saturación		09:46	09:48	09:50		
Hora de salida de saturación (mas 10")		09:56	09:58	10:00		
Hora de entrada a decantación		09:58	10:00	10:02		
Hora de salida de decantación (mas 20")		10:18	10:20	10:22		
Altura máxima de material fino	mm	139	136	134		
Altura máxima de la arena	mm	82	83	83		
Equivalente de Arena	%	59	61	62		61

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO

(MTC E-205,206 / ASTM C-127,128 / AASHTO T-84, T-85)

Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019				
Muestra:	Arena Chancada	Material :	Gradacion ASTM D 3515	Fecha:	23/04/2020
Cantera:	Acaray				

DATOS		1	2	3	4
1	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	300.0	300.0		
2	Peso Frasco + agua	691.9	697.5		
3	Peso Frasco + agua + A (gr)	991.9	997.5		
4	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	887.0	892.5		
5	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	104.9	105.0		
6	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	297.3	297.3		
7	Vol de masa = E - (A - F) (gr)	102.2	102.3		

RESULTADOS						PROMEDIO
8	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.834	2.831			2.833
9	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.860	2.857			2.859
10	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.909	2.906			2.908
11	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.908	0.908			0.908

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA
DURABILIDAD DE AGREGADOS

(MTC E-209 / ASTM C-88 / AASTHO T-104)

Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019		
Muestra:	Arena Chancada	Material :	Gradacion ASTM D 3515
Cantera:	Acaray		

AGREGADO FINO

Tamaño de Tamiz		Peso Requer. (gr.)	Recipient. N°	Peso Inicial (gr.)	Peso Final (gr.)	Perdida		Escalonado Original	Perdida Corregida
						Peso	%		
3/8"	N° 04	100							
N° 04	N° 08	100	1	100.0	94.18	5.82	5.82	30.1	1.75
N° 08	N° 16	100	2	100.0	93.21	6.79	6.79	23.4	1.59
N° 16	N° 30	100	3	100.0	96.33	3.67	3.67	14.6	0.53
N° 30	N° 50	100	4	100.0	93.02	6.98	6.98	6.6	0.46
N° 100									
TOTALES								83.3	4.33%

OBSERVACIONES : Ensayo realizado con Sulfato de Magnesio

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

Resumen de Granulometría Agregado Fino



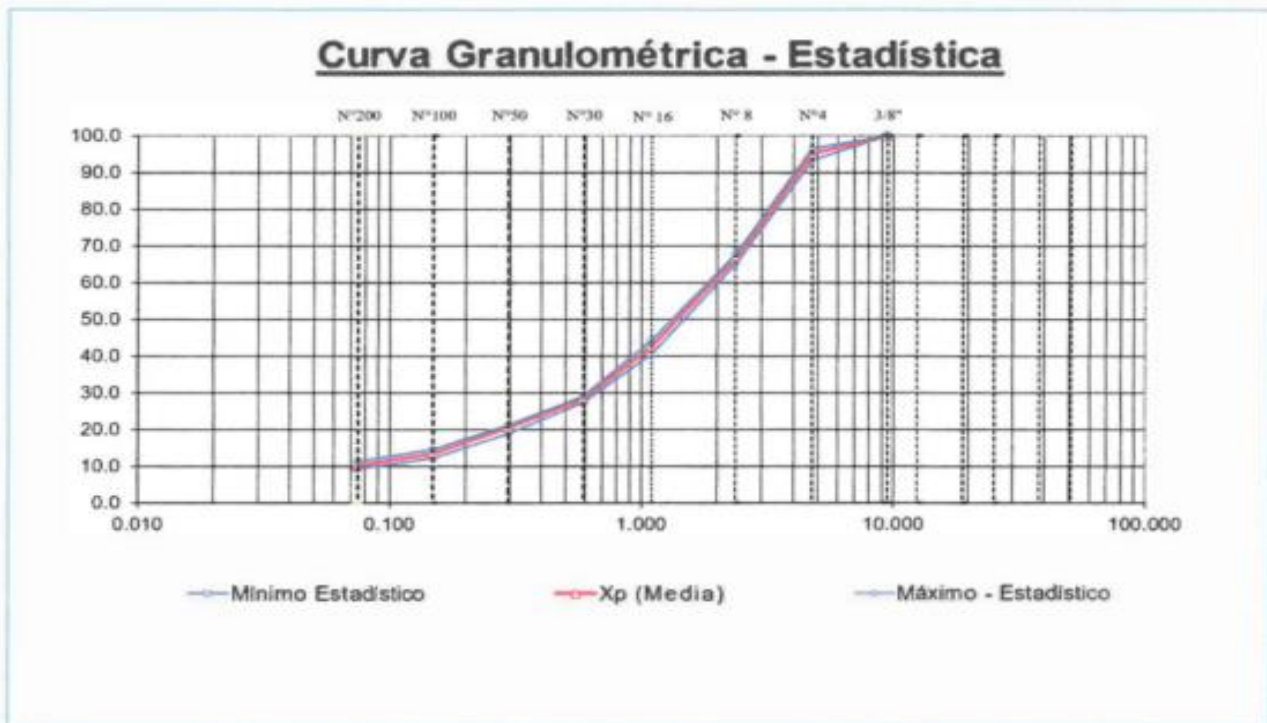
LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA



CURVA GRANULOMETRICA - ESTADISTICA ARENA CHANCADA PARA ASFALTO TAMAÑO MAX. 1/4"

ESTADISTICAS	% que Pasa por el Tamiz							
	3/8"	N° 4	N° 8	N° 16	N° 30	N° 60	N° 100	N° 200
ABERTURA (mm)	9.500	4.760	2.360	1.100	0.590	0.297	0.149	0.075
MIN - ESPECIFICACION	--	--	--	--	--	--	--	--
MIN - ESTADISTICO	100.0	93.4	65.1	40.5	27.3	18.9	12.2	9.2
Xp (Media)	100.0	95.2	66.7	42.7	28.3	20.5	13.5	10.2
MAX - ESTADISTICO	100.0	96.5	67.8	44.3	29.0	21.2	14.6	11.3
MAX - ESPECIFICACION	--	--	--	--	--	--	--	--



LABORATORIO S. LAZARO S.A.C.

 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis :

COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

CUADRO RESUMEN DE ARENA CHANCADA PARA ASFALTO TAMAÑO MAX. 1/4"

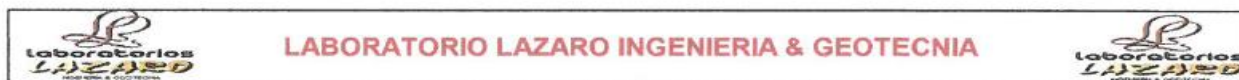
Muestra:	Arena Chancada	Material :	Gradacioni ASTM D 3515	Fecha:	28/05/2020
Cantera:	Acaray				

N° de Certificado	Fecha	Análisis Granulométrico - % que Pasa Tamiz								Modulo de Finneza %	Indice de Plasticidad		Equiv. Arena %	Peso Especifico gr/cc	Absorción %	Sales Solubles Totales %	DURA B SULF. Sugreso (%)	Aguaridad (%)	Materia Orgánica	Indice de Durabilidad	Adhesividad (Riedel Weber)
		3/8"	N° 4	N° 8	N° 16	N° 30	N° 50	N° 100	N° 200		Tamiz N° 40 IP %	Tamiz N° 200 IP %									
01	23/04/2020	100.0	95.4	65.4	42.0	27.5	20.9	12.2	9.2	3.4	NP	NP	61	2.833	0.91	--	4.33	52.9	--	--	--
02	24/04/2020	100.0	94.5	67.5	40.5	28.1	21.2	12.8	9.9	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
03	25/05/2020	100.0	96.4	67.5	43.2	28.4	18.9	12.8	10.1	3.5	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
04	25/04/2020	100.0	93.5	66.9	43.3	28.3	19.4	12.3	11.3	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
05	26/04/2020	100.0	95.4	67.8	44.3	28.9	20.0	13.1	10.2	3.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
06	26/04/2020	100.0	94.5	65.5	41.8	27.3	20.6	13.2	9.2	3.4	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
07	27/04/2020	100.0	96.5	66.2	43.6	28.9	21.2	14.6	10.4	3.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
08	27/04/2020	100.0	95.4	67.3	42.8	28.6	21.1	14.5	10.3	3.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
09	28/04/2020	100.0	96.5	65.1	41.5	29.0	20.8	14.6	10.3	3.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
010	28/04/2020	100.0	93.4	67.8	43.8	28.4	21.2	14.6	11.2	3.3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
n		10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1	1	1	0	1	1	0	0	0
S		1,000.0	951.5	667.0	426.8	283.4	205.3	134.7	102.1	33.5	0.0	0.0	60.8	2.8	0.9	0.0	4.3	52.9	0.0	0.0	0.0
ESPECIFICACION		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Xp		100.0	95.2	66.7	42.7	28.3	20.5	13.5	10.2	3.4	NP	NP	61	2.833	0.91		4.33	52.9			
MIN		100.0	93.4	65.1	40.5	27.3	18.9	12.2	9.2	3.3							0.00	0.00			
MAX		100.0	96.5	67.8	44.3	29.0	21.2	14.6	11.3	3.5							0.00	0.00			
DESV. ESTANDAR		0.0	1.2	1.1	1.2	0.6	0.8	1.0	0.7	0.1											
VARIANZA		0.0	1.3	1.1	1.4	0.3	0.7	1.0	0.5	0.0											
COEF. DE VARIACION		0.0	1.2	1.6	2.8	2.0	4.0	7.4	6.8	2.2											

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

A COMBINACION TEORICA DE LA MEZCLA (Gradacion ASTM D 3515 – Método Mashall) (Restrinccion Superpave – Método Marshall)



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA

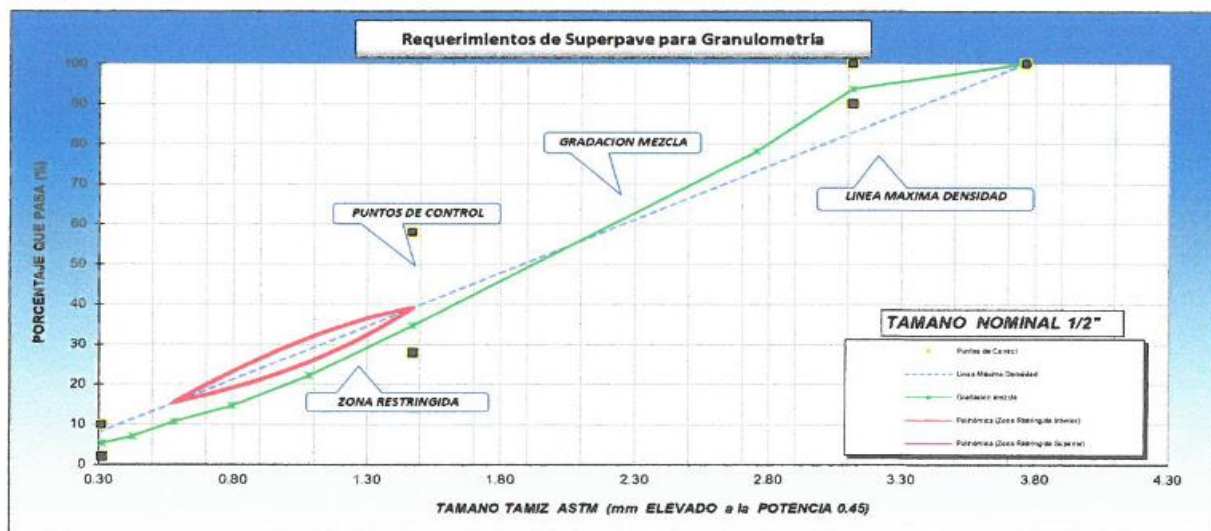
**LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA
COMBINACION TEORICA DOSIFICACION - ASTM
(MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)**

Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019		
Muestra:	Combinación Teórica	Material :	Diseño MAC con gradacion ASTM D 3515
Cantera:	Acaray	Fecha:	12/05/2020

TAMIZ	Descripción		Tamaño Nominal 1/2"				Curva del Diseño Mezcla % Que Pasa	ESPECIFICACIÓN		
	ABERT. mm.	Tamiz mm a Potencia 0.45	Puntos de Control		Zona Restringida			Máxima Densidad	Minima	Maxima
					Mínimo	Máximo				
1 1/2"	38.100	5.145								
1"	25.400	4.287								
3/4"	19.000	3.762	100	100			100.0	100.0	100	
1/2"	12.500	3.116	90	100			82.8	93.7	90	
3/8"	9.500	2.754					73.2	78.1		
1/4"	6.350	2.297					61.1			
Nº 4	4.750	2.016					53.6	50.0	44	
Nº 8	2.380	1.472	28	58	39.1	39.1	39.1	34.7	28	
Nº 10	2.000	1.366					36.3			
Nº 16	1.190	1.081			25.6	31.6	28.7	22.2		
Nº 20	0.840	0.925					24.6			
Nº 30	0.600	0.795			19.1	23.1	21.1	14.7		
Nº 40	0.425	0.680					18.1			
Nº 50	0.297	0.579			15.5	15.5	15.4	10.7	5	
Nº 80	0.177	0.459					12.2			
Nº 100	0.150	0.426					11.3	7.0		
Nº 200	0.075	0.312	2	10			8.3	5.3	2	
< Nº 200	-	-							10	

MATERIAL	DOSIFICACION	PROCEDENCIA
1. Grava Chancada 3/4"	48.0%	Cantera Acaray
2. Arena Chancada 3/8"	52.0%	Cantera Acaray
Total	100.0%	

COMPOSICION DE AGREGADOS	
Grava	50.0 %
Arena	44.7 %
Finos	5.3 %



LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

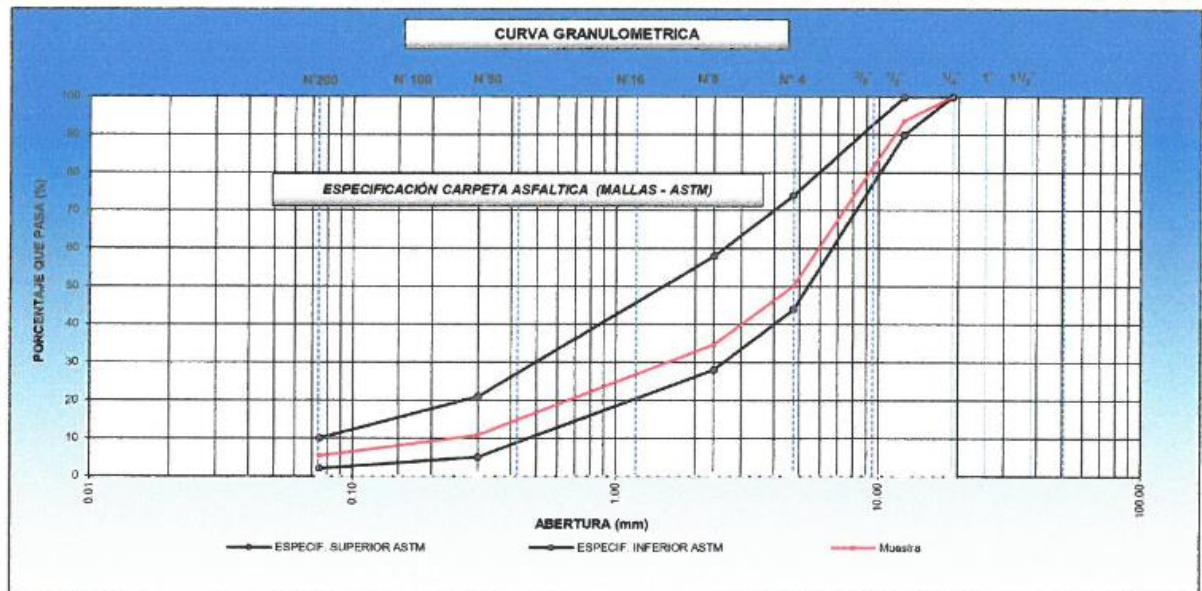
**COMBINACION TEORICA DOSIFICACION - ASTM
(MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)**

Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019		
Muestra:	Combinación Teórica	Material :	Diseño MAC con gradacion ASTM D 3515
Cantera:	Acaray	Fecha:	12/05/2020

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL		PROCEDENCIA	OBSERVACIONES
1. Grava Chancada 3/4"	48.0%	Cantera Acaray	
2. Arena Chancada 1/4"	52.0%	Cantera Acaray	
Total	100.0%		

TAMIZ	ABERT. mm.	% RETENIDO PARCIAL			Promedio % Que Pasa	ESPECIFICACIÓN		DESCRIPCION
		1. Grava Chancada 3/4"	2. Arena Chancada	3. Carpeted		Mínima	Maxima	
1 1/2"	38.100							Tamaño máximo : 3/4"
1"	25.400							Tamaño Nominal : 1/2 "
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	Composición de Agregados :
1/2"	12.500	86.8	100.0	100.0	93.7	90	100	
3/8"	9.500	54.4	100.0	100.0	78.1			Grava : 50.0 %
1/4"	6.350							Arena : 44.7 %
Nº 4	4.750	1.1	95.2	100.0	50.0	44	74	Finos : 5.3 %
Nº 8	2.360	0.0	66.7	100.0	34.7	28	58	
Nº 10	2.000							
Nº 16	1.190	0.0	42.7	100.0	22.2			
Nº 30	0.600	0.0	28.3	100.0	14.7			
Nº 40	0.425	0.0						
Nº 50	0.300	0.0	20.5	100.0	10.7	5	21	
Nº 80	0.297	0.0						
Nº 100	0.150	0.0	13.5	100.0	7.0			
Nº 200	0.075	0.0	10.2	98.0	5.3	2	10	
< Nº 200								



%CA 4.5



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA



LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis : COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

ENSAYO MARSHALL

(MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

Muestra: Combinación Teórica
Cantera: Acaray

Material : Diseño MAC con gradacion ASTM D 3515

Fecha: 12/05/2020

PROBETAS			1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%		4.50			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla (Mayor N° 4)	%		47.74			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla (Menor N° 4)	%		47.76			
4	% Filler en Peso de la Mezcla (mínimo 65 % pasa malla N° 200)	%					
5	Peso Especifico Aparente del C.A.	gr/cc		1.0290			
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.863			
7	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.900			2.882
8	Peso Especifico Bulk de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.833			
9	Peso Especifico Aparente de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.906			2.871
10	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc					
11	Altura Promedio de la Briqueta	cm					
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1270.4	1269.5	1268.9		
13	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1273.9	1273.5	1271.7		
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	755.6	756.6	754.6		
15	Volumen de la Probeta	cc	518.3	516.9	517.1		PROMEDIO
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta	gr/cc	2.451	2.456	2.454		2.454
17	Peso Especifico Máximo ASTM D - 2041 Rice	gr/cc		2.635			
18	Máxima Densidad Teórica	gr/cc		2.661			
19	% Vacios	%	6.98	6.79	6.87		6.88
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc		2.848			
21	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc		2.904			
22	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc		2.876			
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%		0.35			
24	% del Volumen del agregado /Volumen Bruto de la Probeta	%	82.19	82.36	82.29		
25	% del Volumen de C.A. Efectivo /Volumen de la Probeta	%	10.83	10.85	10.84		
26	% de vacios del Agregado Mineral	%	17.81	17.64	17.71		17.72
27	C.A. Efectivo / Peso de la Mezcla	%		4.16			
28	Relacion Betun Vacios	%	60.80	61.49	61.19		61.16
29	Lectura del Anillo	puig.					
30	Estabilidad Sin Corregir	kg.	976	956	964		
31	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
32	Estabilidad Corregida	kg.	976	956	964		965.3
33	Lectura del Flexímetro (0.01")	puig.	11.0	11.5	11.0		
34	Fluencia	mm.	2.79	2.92	2.79		2.84
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3493	3273	3450		3405

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

% CA 5.0



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA



LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis : COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

ENSAYO MARSHALL
(MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

Muestra: Combinación Teórica
Cantera: Acaray

Material : Diseño MAC con gradacion ASTM D 3515

Fecha: 12/05/2020

PROBETAS			1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%		5.00			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla (Mayor N° 4)	%		47.49			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla (Menor N° 4)	%		47.51			
4	% Filler en Peso de la Mezcla (mínimo 65 % pesa malla N° 200)	%					
5	Peso Especifico Aparente del C.A.	gr/cc		1.0290			
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.856			
7	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.904			2.880
8	Peso Especifico Bulk de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.816			
9	Peso Especifico Aparente de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.905			2.861
10	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc					
11	Altura Promedio de la Briqueta	cm					
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1269.3	1266.7	1265.4		
13	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1271.5	1267.8	1266.5		
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	759.7	757.6	757.5		
15	Volumen de la Probeta	cc	511.8	510.2	509.0		PROMEDIO
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta	gr/cc	2.480	2.483	2.486		2.483
17	Peso Especifico Máximo ASTM D - 2041 Rice	gr/cc		2.616			
18	Máxima Densidad Teórica	gr/cc		2.635			
19	% Vacios	%	5.20	5.09	4.97		5.09
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc		2.836			
21	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc		2.905			
22	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc		2.870			
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%		0.43			
24	% del Volumen del agregado /Volumen Bruto de la Probeta	%	83.08	83.17	83.28		
25	% del Volumen de C.A. Efectivo /Volumen de la Probeta	%	11.72	11.74	11.75		
26	% de vacios del Agregado Mineral	%	16.92	16.83	16.72		16.82
27	C.A. Efectivo / Peso de la Mezcla	%		4.59			
28	Relacion Betun Vacios	%	69.29	69.73	70.29		69.77
29	Lectura del Anillo	pulg.					
30	Estabilidad Sin Corregir	kg.	1085	1176	1189		
31	Factor de Estabilidad		1.00	1.00	1.00		
32	Estabilidad Corregida	kg.	1085	1176	1189		1150
33	Lectura del Flexmetro (0.01")	pulg.	12.0	12.5	12.0		
34	Fluencia	mm.	3.05	3.18	3.05		3.09
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3560	3704	3901		3722

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

%CA 5.5



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA



LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis : COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

ENSAYO MARSHALL

(MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

Muestra: Combinación Teórica
Cantera: Acaray

Material : Diseño MAC con gradacion ASTM D 3515

Fecha: 12/05/2020

PROBETAS			1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%		5.50			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla (Mayor N° 4)	%		47.24			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla (Menor N° 4)	%		47.26			
4	% Filler en Peso de la Mezcla (mínimo 65 % pasa malla N° 200)	%					
5	Peso Especifico Aparente del C.A.	gr/cc		1.0290			
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.863			
7	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.900			2.882
8	Peso Especifico Bulk de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.833			
9	Peso Especifico Aparente de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.908			2.871
10	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc					
11	Altura Promedio de la Briqueta	cm					
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1265.3	1267.1	1262.5		
13	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1266.0	1267.6	1263.3		
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	761.4	762.2	759.9		
15	Volumen de la Probeta	cc	504.6	505.4	503.4		PROMEDIO
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta	gr/cc	2.508	2.507	2.508		2.508
17	Peso Especifico Máximo ASTM D - 2041 Rice	gr/cc		2.597			
18	Máxima Densidad Teórica	gr/cc		2.618			
19	% Vacios	%	3.45	3.46	3.43		3.45
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc		2.848			
21	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc		2.904			
22	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc		2.876			
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%		0.35			
24	% del Volumen del agregado /Volumen Bruto de la Probeta	%	83.21	83.19	83.22		
25	% del Volumen de C.A. Efectivo /Volumen de la Probeta	%	13.35	13.35	13.35		
26	% de vacios del Agregado Mineral	%	16.79	16.81	16.78		16.79
27	C.A Efectivo / Peso de la Mezcla	%		5.17			
28	Relacion Betun Vacios	%	79.49	79.41	79.57		79.49
29	Lectura del Anillo	pulg.					
30	Estabilidad Sin Corregir	kg.	1210	1250	1235		
31	Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04		
32	Estabilidad Corregida	kg.	1258	1300	1284		1280.9
33	Lectura del Flexímetro (0.01")	pulg.	13.0	13.0	13.5		
34	Fluencia	mm.	3.30	3.30	3.43		3.34
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3811	3937	3746		3831

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
[Firma]
Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

%CA 6.0



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA



LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis : COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

ENSAYO MARSHALL

(MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

Muestra: Combinación Teórica

Cantera: Acaray

Material : Diseño MAC con gradación ASTM D 3515

Fecha: 12/05/2020

PROBETAS			1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%		6.00			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla (Mayor N° 4)	%		46.99			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla (Menor N° 4)	%		47.01			
4	% Filler en Peso de la Mezcla (mínimo 65 % pasa malla N° 200)	%					
5	Peso Especifico Aparente del C.A.	gr/cc		1.0290			
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.863			
7	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.900			2.882
8	Peso Especifico Bulk de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.833			
9	Peso Especifico Aparente de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.908			2.871
10	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc					
11	Altura Promedio de la Briqueta	cm					
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1262.0	1259.0	1257.5		
13	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1262.8	1260.6	1258.4		
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	762.9	761.7	760.4		
15	Volumen de la Probeta	cc	499.9	498.9	498.0		PROMEDIO
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta	gr/cc	2.525	2.524	2.525		2.524
17	Peso Especifico Máximo ASTM D - 2041 Rice	gr/cc		2.578			
18	Máxima Densidad Teórica	gr/cc		2.596			
19	% Vacios	%	2.06	2.11	2.05		2.08
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc		2.848			
21	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc		2.904			
22	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc		2.876			
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%		0.35			
24	% del Volumen del agregado /Volumen Bruto de la Probeta	%	83.33	83.29	83.34		
25	% del Volumen de C.A. Efectivo /Volumen de la Probeta	%	14.60	14.59	14.60		
26	% de vacios del Agregado Mineral	%	16.67	16.71	16.66		16.68
27	C.A Efectivo / Peso de la Mezcla	%		5.67			
28	Relacion Betun Vacios	%	87.56	87.36	87.68		87.53
29	Lectura del Anillo	pulg.					
30	Estabilidad Sin Corregir	kg.	1196	1200	1205		
31	Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04		
32	Estabilidad Corregida	kg.	1244	1248	1253		1248.3
33	Lectura del Fleximetro (0.01")	pulg.	14.0	13.6	14.0		
34	Fluencia	mm.	3.56	3.45	3.56		3.52
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3498	3613	3524		3545

OBSERVACIONES :


 LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

%CA 6.5



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA



LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis : COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

ENSAYO MARSHALL

(MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

Muestra: Combinación Teórica
Cantera: Acaray

Material : Diseño MAC con gradacion ASTM D 3515

Fecha: 12/05/2020

PROBETAS			1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%		6.50			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla (Mayor N° 4)	%		46.74			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla (Menor N° 4)	%		46.76			
4	% Filler en Peso de la Mezcla (mínimo 85 % pasa malla N° 200)	%					
5	Peso Especifico Aparente del C.A.	gr/cc		1.0290			
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.863			
7	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.900			2.862
8	Peso Especifico Bulk de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.833			
9	Peso Especifico Aparente de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.908			2.871
10	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc					
11	Altura Promedio de la Briqueta	cm					
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1258.2	1255.9	1256.6		
13	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1259.3	1256.0	1257.3		
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	755.7	754.6	754.8		
15	Peso de la Probeta En el Agua	cc	503.6	501.4	502.5		PROMEDIO
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta	gr/cc	2.498	2.505	2.501		2.501
17	Peso Especifico Máximo ASTM D - 2041 Rice	gr/cc		2.560			
18	Máxima Densidad Teórica	gr/cc		2.576			
19	% Vacios	%	2.41	2.16	2.32		2.29
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc		2.848			
21	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc		2.904			
22	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc		2.876			
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%		0.35			
24	% del Volumen del agregado /Volumen Bruto de la Probeta	%	82.03	82.23	82.10		
25	% del Volumen de C.A. Efectivo /Volumen de la Probeta	%	15.57	15.61	15.58		
26	% de vacios del Agregado Mineral	%	17.97	17.77	17.90		17.88
27	C.A Efectivo / Peso de la Mezcla	%		6.17			
28	Relacion Betun Vacios	%	86.62	87.86	87.06		87.18
29	Lectura del Anillo	pulg.					
30	Estabilidad Sin Corregir	kg.	1190	1197	1181		
31	Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04		
32	Estabilidad Corregida	kg.	1238	1245	1228		1236.9
33	Lectura del Flexímetro (0.01")	pulg.	15.0	15.0	15.5		
34	Fluencia	mm.	3.81	3.81	3.94		3.85
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	3248	3267	3120		3212

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis : COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

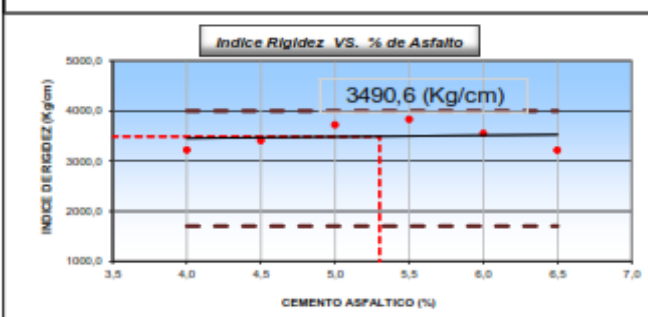
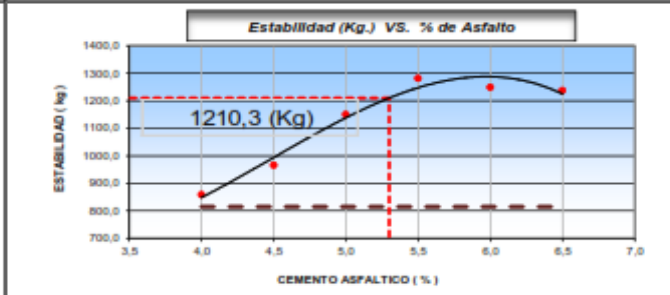
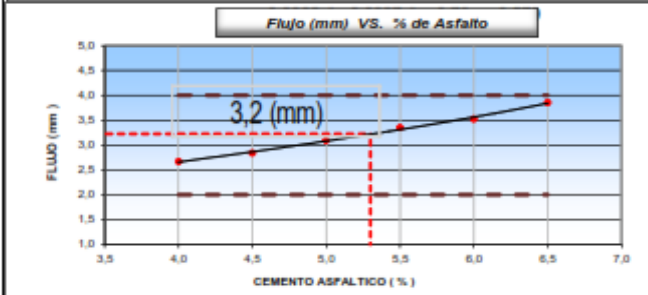
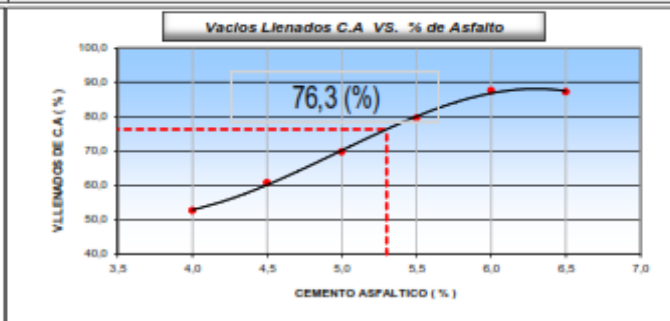
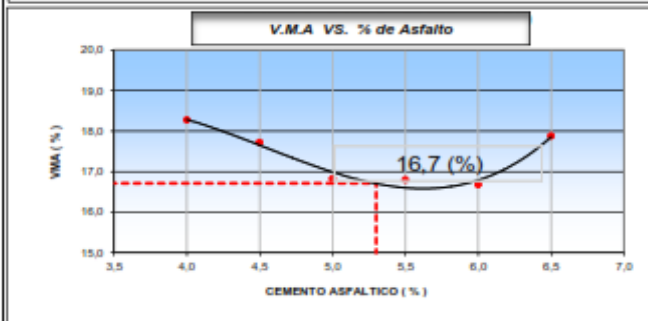
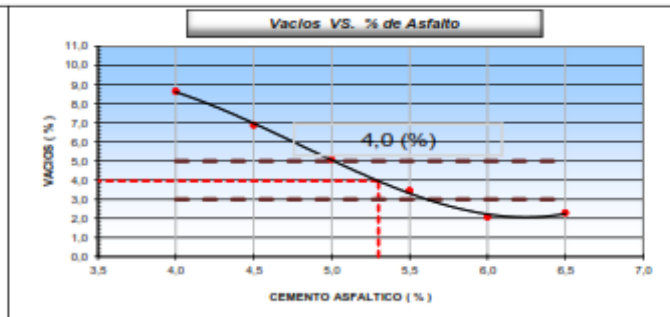
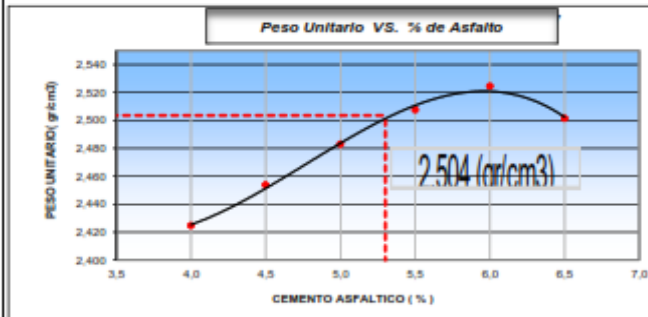
ENSAYO MARSHALL

(MTC E-304 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

Muestra: Combinación Teórica
Cantera: Acaray

Material : Diseño MAC con gradacion ASTM D 3515

Fecha: 12/05/2020



Especificaciones	ASTM D-3515	Resultado	Unidades	Condicion
Óptimo Contenido C.A	+/- 0.3	5,30	(%)	Cumple
Peso Unitario	-	2,504	(gr/cm³)	Cumple
Vacíos al Aire	3 - 5	4,0	(%)	Cumple
V.M.A	Min. 14	16,7	(%)	Cumple
Vacíos Llenados C.A	-	76,3	(%)	Cumple
Flujo	2 - 4	3,2	(mm)	Cumple
Índice compactibilidad	Min. 5 (***)		(%)	
Estabilidad Retenida, 24 Horas	Min. 75		(%)	
Estabilidad	Min. 830	1210,3	(Kg)	Cumple
Índice de Rigidez	1700 - 4000	3.490,6	(kg/cm)	Cumple

OBSERVACIONES :

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis : COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

ENSAYO MARSHALL

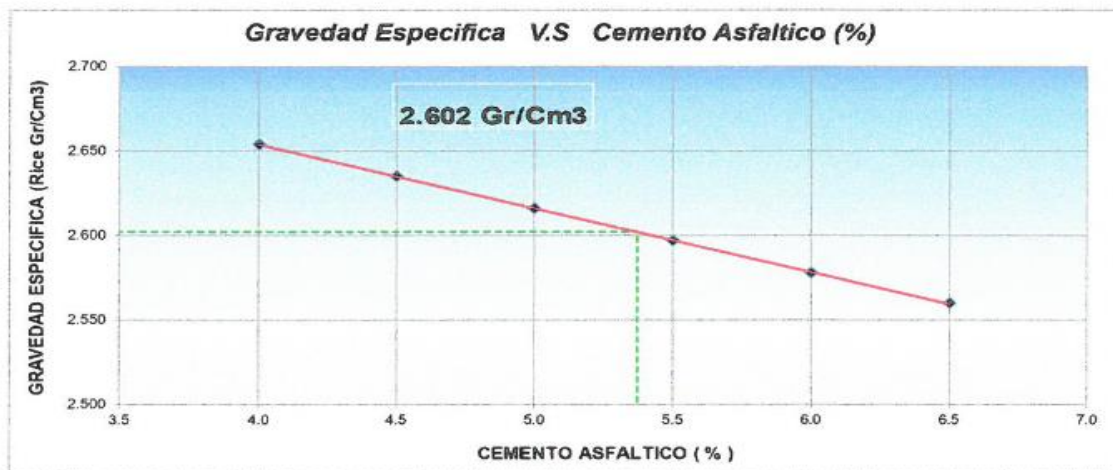
(MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

Muestra: Combinación Teórica
Cantera: Acaray

Material : Diseño MAC con gradacion ASTM D 3515

Fecha: 12/06/2020

1	Peso del frasco + el agua	7634.2	7634.2	7634.2	7634.2	7634.2	7634.2
2	Peso de la mezcla	1276.6	1275.4	1274.3	1269.5	1266.5	1260.7
3	Peso del frasco + mezcla + agua	8429.8	8425.6	8421.4	8414.9	8409.5	8402.5
4	Volumen de la mezcla, (1+2-3)	481.0	484.0	487.1	488.8	491.2	492.4
5	Gravedad específica de la mezcla,(2/4)	2.654	2.636	2.616	2.597	2.578	2.560
6	Porcentaje de Asfalto total en la mezcla	4.0	4.5	6.0	5.5	6.0	6.5



OBSERVACIONES:

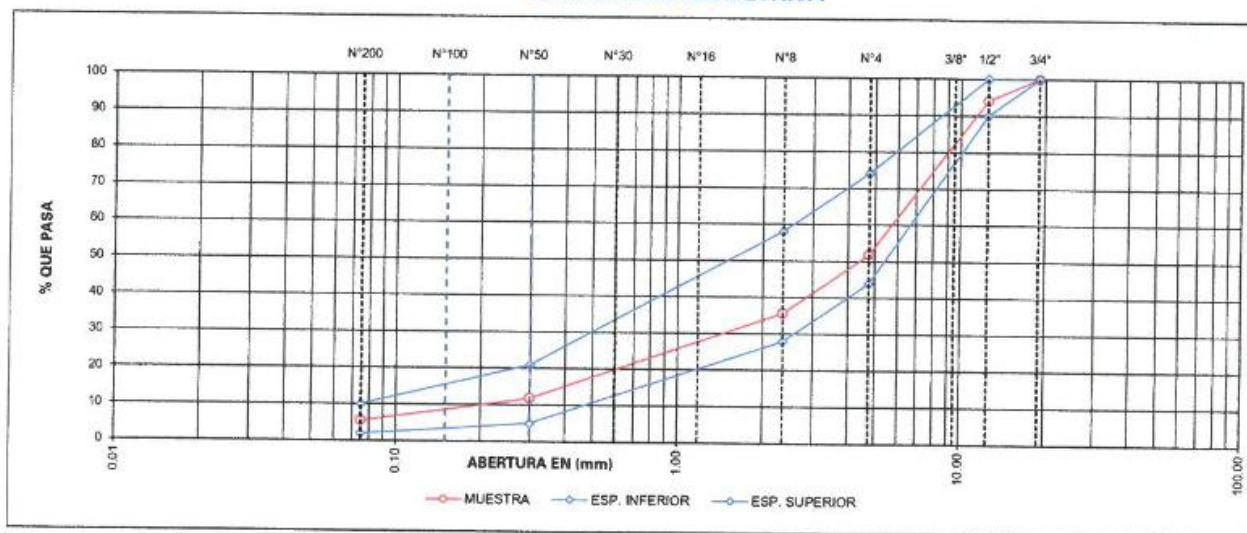

 LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

Verificación Marshall

	LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA			
LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA				
Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019			
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO				
(MTC E-107, E-204 E-502, E-503 / ASTM D-422, D-546, D-2172 C-117, C-136 / AASHTO T-27, T-88, T-30, T-164)				
Muestra:	Combinación Teórica	Material :	Diseño MAC con gradación ASTM D 3515	Fecha:
Cantera:	Acaray			27/05/2020

Tamices ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	Retenido			ESPECIFICACION	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
			(%) Parcial	(%) Acumul.	(%) Que Pasa			
1 1/2"	37.500					ASTM D-3515 1. Peso de Material : Peso Mat. S/Lavar <u>1,266.8</u> Peso Mat. Lavado <u>1,199.5</u> Peso de Asfalto <u>67.3</u> Cemento Asfáltico % <u>5.31</u> Relación Arena/Asfalto % <u>5.7</u> Relación Polvo/Asfalto % <u>1.1</u> 2. Características : Tamaño máximo : <u>3/4"</u> Tamaño Nominal : <u>1/2"</u> <i>Mtz. Teoría Diseño # 01</i> Grava (%) <u>48.2</u> <u>47.5</u> Arena (%) <u>46.3</u> <u>46.8</u> Finos (%) <u>5.6</u> <u>5.7</u> 3. Características de Diseño : Grava Chancada 3/4" % <u>45.0</u> Arena Chancada % <u>55.0</u> Cal - Hidratada Filler % <u>1.0</u> Cemento Asfáltico % <u>60/70</u> Mejorador de Adherencia % <u>0.5</u>		
1"	25.000				100			100
3/4"	19.000				100			100
1/2"	12.500	70.5	5.9	5.9	94.1			100
3/8"	9.500	171.7	14.3	20.2	79.8			
1/4"	6.350							
N° 4	4.750	335.6	28.0	48.2	51.8			44
N° 8	2.360	194.5	16.2	64.4	35.6			28
N° 10	2.000							
N° 16	1.180	151.2	12.6	77.0	23.0			
N° 20	0.850							
N° 30	0.600	90.8	7.6	84.6	15.4			
N° 40	0.420							
N° 50	0.300	42.3	3.5	88.1	11.9	5		
N° 60	0.250					21		
N° 80	0.177							
N° 100	0.150	41.6	3.5	91.6	8.4			
N° 200	0.075	34.5	2.9	94.5	5.6	2		
< N° 200		66.8	5.6	100.0		10		

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones: Muestra Ensayada con Aditivo Mejorador de Adherencia Quimibond 3000 - 0.5% en Peso de Asfalto

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis : COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANGADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

ENSAYO MARSHALL

(MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

Muestra: Combinacion Teorica	Material : Diseño MAC con gradación ASTM D 3515	Fecha: 27/05/2020
Cantera: Acaray		

MATERIAL		%														
		Ver. Diseño	Mez. Teorica	3/4"	1/2"	3/8"	Nº4	Nº8	Nº16	Nº30	Nº50	Nº100	Nº200			
A	Grava	48.2	47.5													
B	Arena	46.3	46.8													
C	Finos	5.6	5.7													
MEZCLA				100.0	94.1	79.8	51.8	35.6	23.0	15.4	11.9	8.4	5.6			
LIMITES DE ESPECIFIC.				100 - 100	90 - 100	--	44 - 74	28 - 58	--	--	5 - 21	--	2 - 10			

1	Numero de Probeta	Nº	1	2	3	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.3	5.3	5.3	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	45.61	45.61	45.61	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	43.82	43.82	43.82	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%				
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asfaltico	gr/cc.	1.0349	1.035	1.035	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.863	2.863	2.863	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.900	2.900	2.900	2.882
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.833	2.833	2.833	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.908	2.908	2.908	2.871
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.				0.900
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1264.5	1263.8	1266.9	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1265.1	1264.6	1267.8	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	759.1	759.5	761.5	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	506.0	505.1	506.3	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.499	2.502	2.502	2.501
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.		2.605		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.760	2.760	2.760	
20	% de Vacios	%	4.07	3.95	3.94	4.0
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.848	2.848	2.848	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.904	2.904	2.904	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.876	2.876	2.876	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.35	0.35	0.35	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	78.47	78.56	78.57	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	17.46	17.49	17.49	
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	21.53	21.44	21.43	21.5
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.00	5.00	5.00	
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	81.10	81.57	81.60	81.4
30	Lectura del Anillo	pul.	267	258	257	
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1166	1127	1122	
32	Factor de Estabilidad		1.04	1.04	1.04	
33	Estabilidad Corregida	kg	1213	1172	1167	1183.8
34	Lectura del Flexmetro (0.01")	pul.	13.0	13.0	13.0	
35	Fluencia	mm.	3.30	3.30	3.30	3.3
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	3673	3548	3534	3585

Observaciones:

Muestra Ensayada con Aditivo Mejorador de Adherencia Quimbond 3000 - 0.5% en Peso de Asfalto

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis : COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

ENSAYO MARSHALL ESTABILIDAD RETENIDA

(MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

Muestra: Combinación Teórica

Cantera: Acaray

Material : Diseño MAC con gradación ASTM D 3515

Fecha: 27/05/2020

N° DE PROBETAS		1	2	3	4	5	6
1	Contenido de Cemento Asfáltico	5.31	5.31	5.31	5.31	5.31	5.31
2	Peso Probeta al Aire	1264.5	1263.8	1266.9	1265.2	1264.3	1266.7
3	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	1265.1	1264.6	1267.8	1266.0	1265.1	1267.4
4	Peso de la Probeta en el Agua	759.1	759.5	761.5	760.3	758.8	760.7
5	Volumen de la Probeta	506.0	505.1	506.3	505.7	506.3	506.7
6	Peso Especifico Bulk de la Probeta	2.499	2.502	2.502	2.502	2.497	2.500
7	Lectura del Dial Anillo Marshall	267	258	257	237	241	230
8	Estabilidad sin corregir	1166	1127	1122	1032	1050	1001
9	Factor Estabilidad	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04	1.04
10	Estabilidad corregida (kg)	1213	1172	1167	1073	1092	1041
11	Promedio Estabilidad (30 Minutos) (kg)	1184					
12	Promedio Estabilidad (24 Horas)				1069		
13	Estabilidad Retenida (%)				90.3		

OBSERVACIONES:

Muestra Ensayada con Aditivo Mejorador de Adherencia Quimbond 3000 - 0.5% en Peso de Asfalto


 LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA		
Tesis : COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019		
MAXIMA GRAVEDAD ESPECIFICA DE LA MEZCLA ASFALTICA SUELTA (MTC E-220 / ASTM D-2041 / AASHTO T-209)		
Muestra:	Combinación Teórica	Material : Diseño MAC con gradación ASTM D 3515
Cantera:	Acaray	Fecha: 27/05/2020

CARACTERISTICAS GENERALES

Item	MATERIALES	GRAVEDAD ESPECIFICA		PORCENTAJE EN PESO	
		Bulk, Base Seca	Aparente	Agregados	Mezcla
a	Asfalto PEN 60-70	1.035			5.31
b	Agregado Grueso	2.863	2.900	48.17	45.61
c	Agregado Fino	2.833	2.908	51.83	49.08

GRAVEDAD ESPECIFICA DE LA MEZCLA ASFALTICA, ABSORCIÓN y ASFALTO EFECTIVO

1	Peso del frasco + el agua	7634.2		
2	Peso de la mezcla	1268.5		
3	Peso del frasco + mezcla + agua	8415.7		
4	Volumen de la mezcla, (1+2-3)	487		
5	Gravedad especifica de la mezcla,(2/4)	2.805		
6	Porcentaje de Asfalto total en la mezcla	5.31		

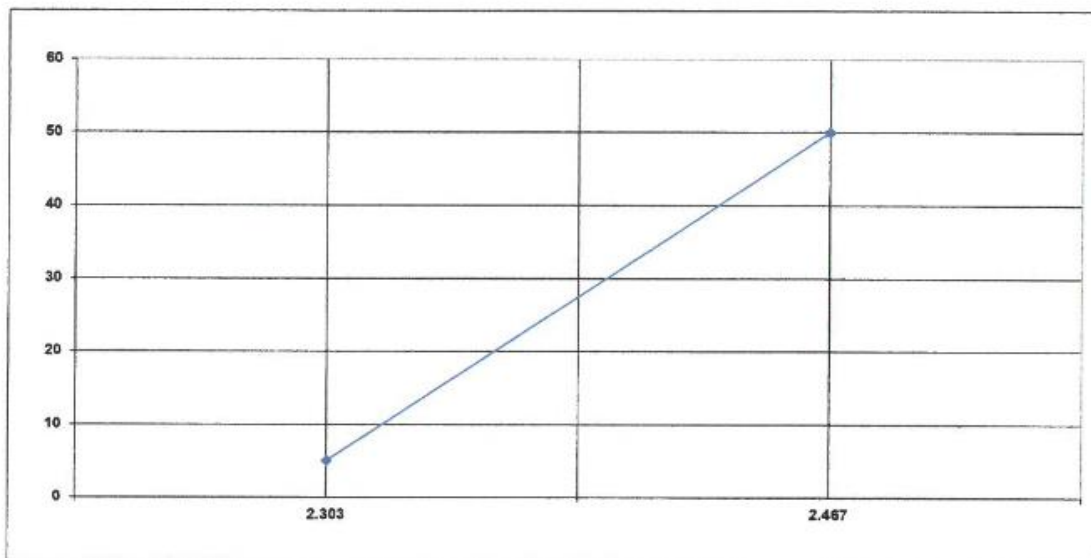
OBSERVACIONES:

Muestra Ensayada con Aditivo Mejorador de Adherencia Quimibond 3000 - 0.5% en Peso de Asfalto


 LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019		
INDICE COMPACTIBILIDAD			
(MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)			
Muestra:	Combinación Teórica	Material :	Diseño MAC con gradación ASTM D 3515
Cantera:	Acaray	Fecha:	27/05/2020



Nº de Muestras	01	02	03	04
Nº de Golpes Marshall	5	5	50	50
1.- Peso Briqueta al Aire	1240.8	1267.7	1262.8	1268.5
2.- Peso Briqueta Saturada con Superf. Seca	1267.9	1295.4	1263.6	1269.5
3.- Peso por Desplazamiento	730.6	743.2	752.8	754.1
4.- Volumen de la Briqueta	537.3	552.2	510.8	515.4
5.- Peso Unitario (Gr./cc)	2.309	2.296	2.472	2.461
PROMEDIOS	2.303		2.467	

2.303	2.467
5	50

1

GEB(50) - GEB(5)

IC = 6.1

Observaciones: Muestra Ensayada con Aditivo Mejorador de Adherencia Quimibond 3000 - 0.5% en Peso de Asfalto

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

DISEÑO CONVENCIONAL (Aplicando la Gradación MAC-2)

		LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA			
LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA					
ABRASION LOS ANGELES (MTC E-207 / ASTM C-131, C-535 / AASTHO T-96)					
Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019				
Muestra:	Grava Chancada	Material :	DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2	Fecha:	23/04/2020
Cantera:	Carapongo				

Muestra				1	2	3
Pasa Tamiz		Retenido en Tamiz		PESOS Y GRANULOMETRIAS (grs) GRADACION		
mm	pulg.	pulg.	pulg.	B		
38.10	1 1/2"	1 1/2"	1"			
25.40	1"	1"	3/4"			
19.05	3/4"	3/4"	1/2"	2501		
12.70	1/2"	1/2"	3/8"	2500		
9.53	3/8"	3/8"	1/4"			
6.35	1/4"	1/4"	N° 04			
4.76	N°4	N° 4	N° 08			
Peso Total				5001		
Perdida despues del ensayo				974		
Peso Obtenido				4027		
N° de Esferas				11		
Peso de las Esferas						
Porcentaje Obtenido				19.5		

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA



LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

SALES SOLUBLES TOTALES

(NORMA MTC-219 / 1999)

Tests :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019				
Muestra:	Grava Chancada	Material :	DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2	Fecha:	23/04/2020
Cantera:	Carapongo				

AGREGADO GRUESO

Descripcion	Identificacion					Promedio
	1	2	3			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.)	77.25	75.28				
(2) Peso Tarro + agua + sal	182.35	180.44				
(3) Peso Tarro Seco + sal	77.27	75.30				
(4) Peso de Sal (3 -1)	0.02	0.02				
(5) Peso de Agua (2-3)	105.08	105.14				
(6) Porcentaje de Sal	0.02	0.02			0.02	

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA



LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN AGREGADO GRUESO

(MTC E-205,206 / ASTM C-127,128 / AASHTO T-84, T-85)

Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019				
Muestra:	Grava Chancada	Material :	DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2	Fecha:	23/04/2020
Cantera:	Carapongo				

DATOS			1	2	3	4
1	Peso de la muestra saturada con superficie seca (B) (aire)	gr.	2975	2625		
2	Peso de la canastilla dentro del agua	gr.				
3	Peso de la muestra saturada+peso canastilla dentro del agua	gr.	1860	1646		
4	Peso de la muestra saturada dentro del agua (C)	gr.	1860	1646		
5	Peso de la tara	gr.				
6	Peso de la tara + muestra seca (horno)	gr.	2959	2614		
7	Peso de la muestra seca (A)	gr.	2959	2614		

RESULTADOS							PROMEDIO
8	Peso Especifico de masa		2.654	2.670			2.662
9	Peso Especifico de masa saturada superficie seco		2.668	2.681			2.675
10	Peso especifico aparente		2.692	2.700			2.696
11	Porcentaje de absorción	%	0.54	0.42			0.48

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA
CARAS FRACTURADAS

(MTC E-210 - ASTM D-5821)

Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019				
Muestra:	Grava Chancada	Material :	DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2	Fecha:	23/04/2020
Cantera:	Carapongo				

A.- CON UNA CARA FRACTURADA

Tamaño Maximo del Agregado		Agregado Grueso			D (gr)	E (gr)	F ((E/D)*100)	G F*B
		Peso Retenido (A)	% Retenido (B)	% que Pasa ⊙				
Pasa Tamiz	Retenido en Tamiz	(A)	(B)	⊙	(gr)	(gr)	((E/D)*100)	F*B
1 1/2"	1"	0	0.0	100.0				0.0
1"	3/4"	0	0.0	100.0				0.0
3/4"	1/2"	3113	20.7	79.3	1200	1092.0	91.0	1886.9
1/2"	3/8"	11900	79.3	20.7	301	244.0	81.1	6425.4
TOTAL		15013	100.0					8312.4
Porcentaje con una Cara Fracturada		$\frac{\text{Total G}}{\text{Total B}}$		83.1				

B.- CON DOS O MAS CARAS FRACTURADAS

Tamaño Maximo del Agregado		Agregado Grueso			D (gr)	E (gr)	F ((E/D)*100)	G F*B
		Peso Retenido (A)	% Retenido (B)	% que Pasa ⊙				
Pasa Tamiz	Retenido en Tamiz	(A)	(B)	⊙	(gr)	(gr)	((E/D)*100)	F*B
1 1/2"	1"	0	0.0	100.0				0.0
1"	3/4"	0	0.0	100.0				0.0
3/4"	1/2"	3113	20.7	79.3	1200	1004.0	83.7	1734.9
1/2"	3/8"	11900	79.3	20.7	301	214.0	71.1	5635.4
TOTAL		15013	100.0					7370.3
Porcentaje con una Cara Fracturada		$\frac{\text{Total G}}{\text{Total B}}$		73.7				

OBSERVACIONES :

- D - Peso de la muestra requerida
- E - Peso del material con caras fracturadas
- F - Porcentajes de caras fracturadas

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS

(MTC E-221 / ASTM D-4791)

Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019				
Muestra:	Grava Chancada	Material :	DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2	Fecha:	23/04/2020
Cantera:	Carapongo				

Tamaño Maximo de Agregado		Peso del Agregado Especificado	Particulas Chatas y Alargadas							
			Peso de Fraccion gr.	Peso gr. chatas	Peso gr. Alargas	% Parcial chatas	% Parcial Alargas	% del total de chatas	% del total de Alargas	Particulas Chatas y Alargadas %
Tamiz	Retenido									
2"	1 1/2"									
1 1/2"	1"									
1"	3/4"									
3/4"	1/2"	1200	1199	76.0	21.0	6.3	1.8	5.1	1.4	6.5
1/2"	3/8"	301	301	35.0	15.0	11.6	5.0	2.3	--	2.3
3/8"	1/4"								--	
Total		1200	1500	111.0	36.0	--	--	--	--	8.8

Resultados:

Particulas Chatas y Alargadas	(%)	8.8
-------------------------------	-----	-----

OBSERVACIONES : Relacion Espesor/Longitud 1:3

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.



Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA



LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

DURABILIDAD DE AGREGADOS

(MTC E-209 / ASTM C-88 / AASTHO T-104)

Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019				
Muestra:	Grava Chancada	Material :	DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2	Fecha:	23/04/2020
Cantera:	Carapongo				

AGREGADO GRUESO

Tamaño de Tamiz		Peso Requer. (gr.)	Recipient. N°	Peso Inicial (gr.)	Peso Final (gr.)	Perdida		Escalonado Original	Perdida Corregida
						Peso	%		
2"	1 1/2"								
1 1/2"	1"	1000 +/- 10							
1"	3/4"	500 +/- 30							
3/4"	1/2"	670 +/- 10	3	678.0	659.2	18.8	2.77	10.32	0.286
1/2"	3/8"	330 +/- 5	4	333.0	321.5	11.5	3.45	39.44	1.362
3/8"	N° 04"	300 +/- 5	5	298	291.1	6.9	2.3	46.6	3.2
TOTALES									4.86%

OBSERVACIONES : Ensayo realizado con Sulfato de Magnesio

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

RESUMEN DE LAS GRANULOMETRIAS - AGREGADO CHANCADO



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA

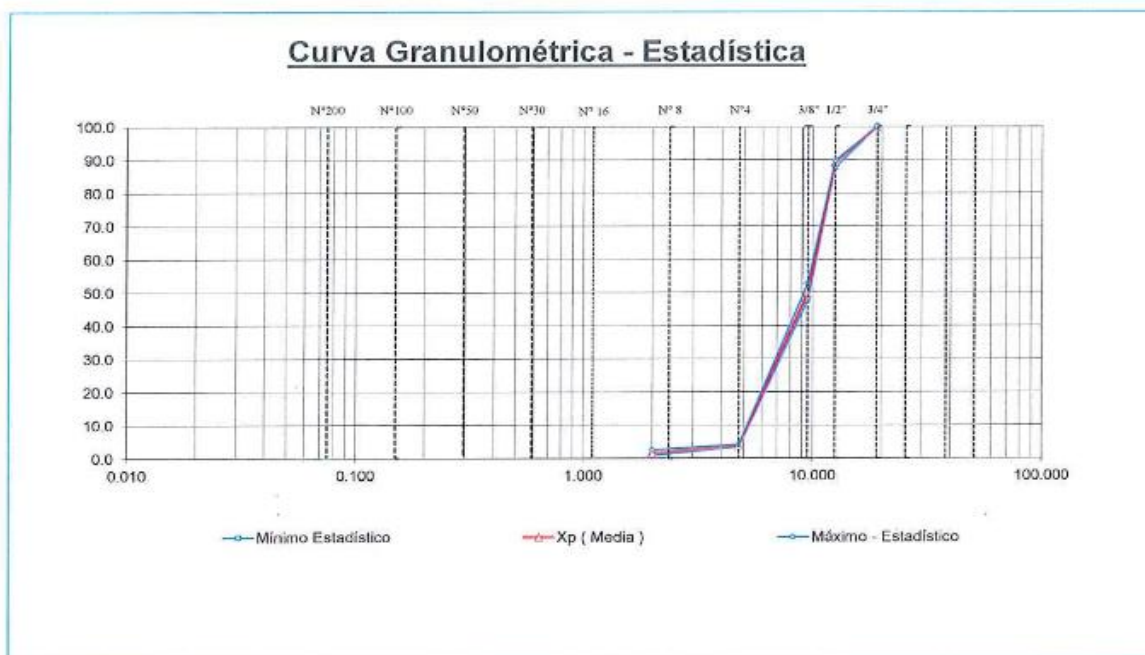


LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

CURVA GRANULOMETRICA - ESTADISTICA

GRAVA CHANCADA PARA ASFALTO TAMAÑO MAX. 3/4"

ESTADISTICAS	% que Pasa por el Tamiz					
	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8	
ABERTURA (mm)	19.000	12.700	9.500	4.760	2.360	
MIN - ESPECIFICACION	--	--	--	--	--	
MIN - ESTADISTICO	100.0	87.8	47.8	3.5	0.8	
Xp (Media)	100.0	89.2	49.9	3.8	1.5	
MAX - ESTADISTICO	100.0	89.8	52.8	4.2	2.5	
MAX - ESPECIFICACION	--	--	--	--	--	--



LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oliv
 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis :

COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

CUADRO RESUMEN DE GRAVA CHANCADA PARA ASFALTO T. MAX. 3/4"

Muestra:	Grava Chancada	Material :	DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2	Fecha:	28/04/2020
Cantera:	Carapongo				

N° de Certificado	Fecha	Análisis Granulométrico - % que Pasa Tamiz					ABRASIÓN %	Sales Solubles Totales %	Peso Especifico gr/cc	Absorción %	CRAS FRACTURADAS		PART. CHATAS Y ALARGADAS	DURABILIDAD CON SULFATO DE MAGNESIO %
		3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 8					CON 01 CARA %	CON 02 CARA %		
01	23/04/2020	100.0	89.7	50.2	3.6	1.0	19.5	0.02	2.662	0.48	83.1	73.7	8.8	4.86
02	24/04/2020	100.0	88.8	48.2	4.2	0.4	--	--	--	--	--	--	--	--
03	25/04/2020	100.0	89.6	49.2	3.6	0.8	--	--	--	--	--	--	--	--
04	25/04/2020	100.0	87.8	49.4	4.2	1.1	--	--	--	--	--	--	--	--
05	26/04/2020	100.0	89.5	50.4	3.5	1.3	--	--	--	--	--	--	--	--
06	26/04/2020	100.0	88.9	49.8	4.1	2.4	--	--	--	--	--	--	--	--
07	27/04/2020	100.0	89.8	52.8	3.7	2.5	--	--	--	--	--	--	--	--
08	27/04/2020	100.0	89.7	49.9	3.9	1.2	--	--	--	--	--	--	--	--
09	28/04/2020	100.0	88.7	50.9	4.1	1.7	--	--	--	--	--	--	--	--
10	28/04/2020	100.0	89.8	47.8	3.5	1.8	--	--	--	--	--	--	--	--
n		10	10	10	10	9	1	1	1	1	1	1	1	1
S		1,000.0	892.3	498.6	38.4	13.8	19.5	0.02	2.7	0.5	83.1	73.70	8.80	4.86
ESPECIFICACION		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
Xp		100.0	89.2	49.9	3.8	1.5	19.5	0.02	2.662	0.48	83.1	73.7	8.8	4.86
MIN		100.0	87.8	47.8	3.5	0.8								
MAX		100.0	89.8	52.8	4.2	2.5								
DESV. ESTANDAR		0.0	0.7	1.4	0.3	0.6								
VARIANZA		0.0	0.4	2.0	0.1	0.4								
COEF. DE VARIACION		0.0	0.7	2.8	7.6	39.6								

Ensayos físicos – Arena Chancada

	LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA	
LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA		
LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-110,111 / ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)		
Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019	
Muestra:	Material :	Fecha:
Arena Chancada Carapongo	DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2	23/04/2020

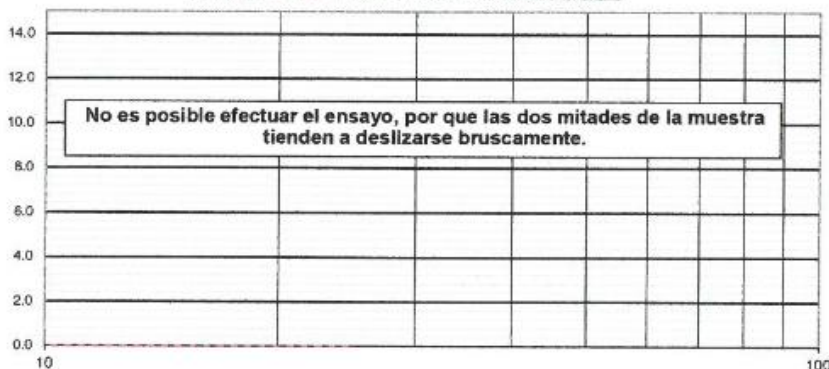
DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO (TAMIZ N° 40)

N° de Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso de Tarro + Suelo Seco	gr.				
Peso de Tarro	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso del Suelo Seco	gr.				Limite Liquido
Contenido de Humedad	%	NP	NP	NP	0
Numero de Golpes					

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO E INDICE DE PLASTICIDAD

N° de Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso de Tarro + Suelo seco	gr.				
Peso de Tarro	gr.				
Peso de Agua	gr.				
Peso de Suelo seco	gr.				Limite Plastico
Contenido de Humedad	%	NP	NP		NP

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



Constantes Fisicas de la Muestra

Limite Liquido	0
Limite Plastico	NP
Indice de Plasticidad	NP
Observaciones	
Pasante Tamiz N° 40	

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA



LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

EQUIVALENTE DE ARENA

(MTC E-114 / ASTM D-2419 / AASTHO T-176)

Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019				
Muestra:	Arena Chancada	Material :	DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2	Fecha:	23/04/2020
Cantera:	Carapongo				

Descripcion	U/m	IDENTIFICACION				Promedio
		1	2	3	4	
Tamaño máximo (pasa malla N° 4)	mm	4.76	4.76	4.76		
Hora de entrada a saturación		14:30	14:32	14:34		
Hora de salida de saturación (mas 10")		14:40	14:42	14:44		
Hora de entrada a decantación		14:42	14:44	14:46		
Hora de salida de decantación (mas 20")		15:02	15:04	15:06		
Altura máxima de material fino	mm	6.60	6.50	6.80		
Altura máxima de la arena	mm	3.60	3.50	3.60		
Equivalente de Arena	%	55	54	53		54

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA
GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCIÓN AGREGADO FINO

(MTC E-205,206 / ASTM C-127,128 / AASHTO T-84, T-85)

Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019				
Muestra:	Arena Chancada	Material :	DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2	Fecha:	23/04/2020
Cantera:	Carapongo				

DATOS		1	2	3	4
1	Peso Mat. Sat. Sup. Seco (en Aire) (gr)	gr.	300.0	300.0	
2	Peso Frasco + agua	gr.	714.8	715.4	
3	Peso Frasco + agua + A (gr)	gr.	1014.8	1015.4	
4	Peso del Mat. + agua en el frasco (gr)	gr.	903.2	903.6	
5	Vol de masa + vol de vacío = C-D (gr)	gr.	111.6	111.8	
6	Pe. De Mat. Seco en estufa (105°C) (gr)	gr.	297.5	297.5	
7	Vol de masa = E - (A - F) (gr)		109.1	109.3	

RESULTADOS					PROMEDIO
8	Pe bulk (Base seca) = F/E	2.666	2.661		2.663
9	Pe bulk (Base saturada) = A/E	2.688	2.683		2.686
10	Pe aparente (Base Seca) = F/G	2.727	2.722		2.724
11	% de absorción = ((A - F)/F)*100	0.840	0.840		0.840

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA



LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

SALES SOLUBLES TOTALES

(NORMA MTC-219 / 1999)

Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019				
Muestra:	Arena Chancada	Material :	DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2	Fecha:	23/04/2020
Cantera:	Carapongo				

AGREGADO FINO

Descripcion	Identificacion					Promedio
	1	2	3			
(1) Peso Tarro (Biker 100 ml.)	77.32	77.30				
(2) Peso Tarro + agua + sal	130.50	135.20				
(3) Peso Tarro Seco + sal	77.35	77.33				
(4) Peso de Sal (3 -1)	0.03	0.03				
(5) Peso de Agua (2-3)	53.15	57.87				
(6) Porcentaje de Sal	0.06	0.05			0.05	

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA
MATERIA ORGANICA

(MTC E-118 / ASTM D-1889 / AASTHO T-267)

Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019				
Muestra:	Arena Chancada	Material :	DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2	Fecha:	23/04/2020
Cantera:	Carspongo				
Muestra		3	4	Promedio	
Peso del plato y suelo seco, antes de ignición	gr.	80.65	71.31		
Peso del plato y suelo seco, después de ignición	gr.	80.63	71.30		
Peso de materia orgánica	gr.	0.02	0.01		
Peso del plato	gr.	42.53	43.05		
Peso del suelo seco neto	gr.	38.10	28.25		
Materia orgánica	%	0.05	0.04		0.04

5. CÁLCULOS

5.1 El contenido orgánico deberá expresarse como un porcentaje del peso del suelo secado en el horno (después de la ignición) y deberá calcularse así:

$$\% \text{ de materia orgánica} = \frac{A - B}{B - C} \times 100$$

Donde:

- A = Peso del crisol o plato de evaporación y del suelo seco al horno antes de la ignición.
- B = Peso del crisol o plato de evaporación y del suelo seco después de la ignición.
- C = Peso del crisol o plato de evaporación, con aproximación a 0.01 gramos.

5.2 Calcúlese el porcentaje del contenido orgánico con aproximación al 0.1%.

Resumen de Granlometria Arena Chancada



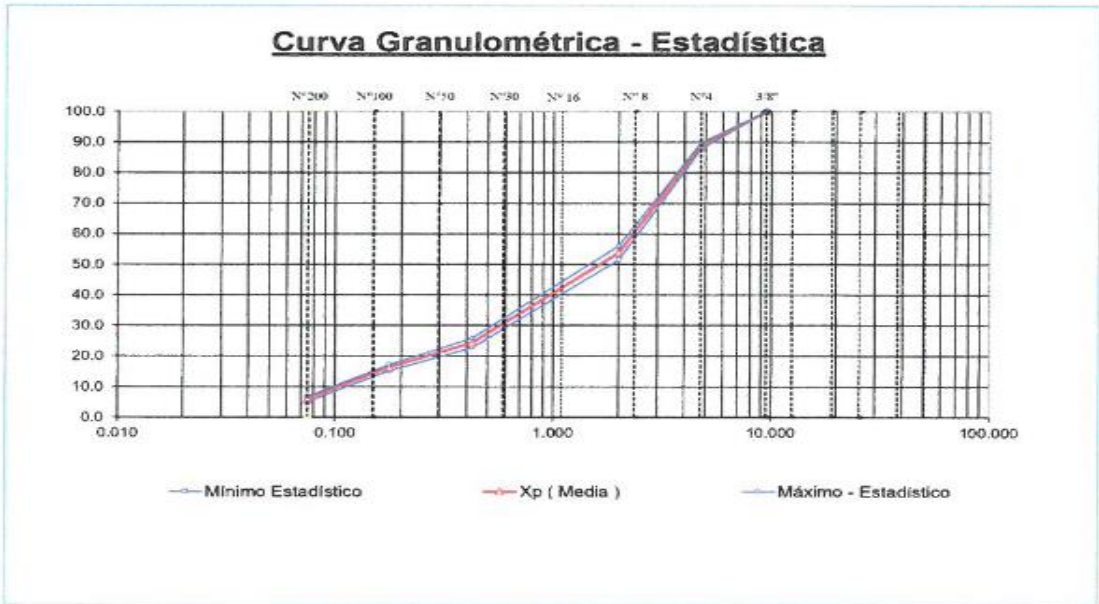
LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA



LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

CURVA GRANULOMETRICA - ESTADISTICA ARENA CHANCADA PARA ASFALTO TAMAÑO MAX. 1/4"

ESTADISTICAS	% que Pasa por el Tamiz					
	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200
ABERTURA (mm)	9.500	4.760	0.425	0.075	0.149	0.000
MIN - ESPECIFICACION	--	--	--	--	--	--
MIN - ESTADISTICO	100.0	87.9	51.5	22.8	15.2	5.0
Xp (Media)	100.0	89.0	53.8	24.2	16.3	6
MAX - ESTADISTICO	100.0	89.9	56.0	25.8	17.2	6.7
MAX - ESPECIFICACION	--	--	--	--	--	--



LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis :

COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

CUADRO RESUMEN DE ARENA CHANCADA PARA ASFALTO TAMAÑO MAX. 1/4"

Muestra:	Combinación Teórica	Material :	DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2	Fecha:	28/05/2020
Cantera:	Carapongo				

N° de Certificado	Fecha	Análisis Granométrico - % que Pasa Tamiz						Límites de Consistencia Tamiz N° 40		Equiv. Arena %	Peso Específico gr/cc	Absorción %	Sales Solubles Totales %	DURAB. SULF. (Magnesio) (%)	Módulo Original N°
		N° 20	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200	LL	IP						
01	23/04/2020	100.0	88.3	51.0	22.8	17.0	5.3	NP	NP	54	2.663	0.84	0.05	6.10	0.04
02	24/04/2020	100.0	89.9	51.5	23.5	15.7	5.0	NP	NP	--	--	--	--	--	--
03	25/04/2020	100.0	89.1	52.2	23.7	16.2	6.7	NP	NP	--	--	--	--	--	--
04	25/04/2020	100.0	89.2	54.5	24.3	15.4	6.0	NP	NP	--	--	--	--	--	--
05	26/04/2020	100.0	89.5	55.1	24.2	16.2	6.0	NP	NP	--	--	--	--	--	--
06	26/04/2020	100.0	88.1	53.9	25.2	16.6	6.6	NP	NP	--	--	--	--	--	--
07	27/04/2020	100.0	88.7	54.0	24.7	16.4	5.4	NP	NP	--	--	--	--	--	--
08	27/04/2020	100.0	87.9	54.6	22.8	15.2	5.8	NP	NP	--	--	--	--	--	--
09	28/04/2020	100.0	89.7	56.0	25.8	17.2	6.6	NP	NP	--	--	--	--	--	--
010	28/04/2020	100.0	89.9	54.7	25.5	17.0	6.5	NP	NP	--	--	--	--	--	--

n	10	10	10	10	10	10	10	10	10	1	1	1	1	1	1
S	1.000.0	890.3	538.4	242.5	162.9	59.9	0.0	0.0	53.8	2.7	0.8	0.1	6.10	0.0	
ESPECIFICACION	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	
Xp	100.0	89.0	53.8	24.2	16.3	6.0	NP	NP	54	2.663	0.84	0.05	6.1	0.04	
MIN	100.0	87.9	51.5	22.8	15.2	5.0									
MAX	100.0	89.9	56.0	25.8	17.2	6.7									
DESV. ESTANDAR	0.0	0.7	1.5	1.1	0.7	0.6									
VARIANZA	0.0	0.6	2.2	1.1	0.5	0.4									
COEF. DE VARIACION	0.0	0.8	2.8	4.4	4.2	10.1									

Resumen de granulometria Arena Zarandeada



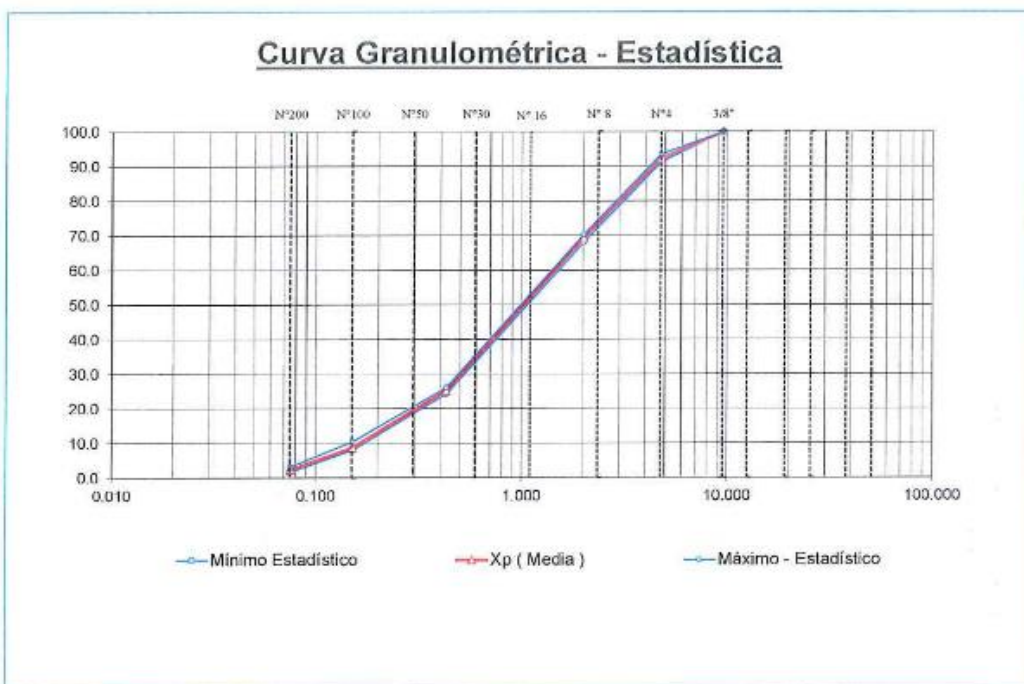
LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA



LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

CURVA GRANULOMETRICA - ESTADISTICA ARENA ZARANDEADA (Lavada) PARA ASFALTO TAMAÑO MAX. 1/4"

ESTADISTICAS	% que Pasa por el Tamiz					
	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200
ABERTURA (mm)	9.500	4.760	2.000	0.150	0.075	0.000
MIN - ESPECIFICACION	--	--	--	--	--	--
MIN - ESTADISTICO	100.0	91.4	68.1	24.3	8.1	1.7
Xp (Media)	100.0	92.3	69.3	25.2	8.8	2.3
MAX - ESTADISTICO	100.0	93.6	70.3	26.1	10.5	3.2
MAX - ESPECIFICACION	--	--	--	--	--	--



LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

 Oscar Lazaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis :

COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

CUADRO RESUMEN DE ARENA ZARANDEADA (Lavada) PARA ASFALTO TAMAÑO MAX. 1/4"

Muestra:	Combinación Teórica	Material :	DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2	Fecha:	28/05/2020
Cantera:	Carapongo				

N° de Certificado	Fecha	Análisis Granométrico - % que Pasa Tamiz						Límites de Consistencia Tamiz N° 40		Equiv. Arena %	Peso Específico gr/cc	Absorción %	Sales Solubles Totales %	DURAB SULF Magnésio (%)	Materia Orgánica %
		3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200	LL	IP						
01	23/04/2020	100.0	92.2	68.9	24.3	8.1	1.7	NP	NP	--	--	--	--	--	--
02	24/04/2020	100.0	92.8	70.3	24.5	9.1	2.2	--	--	--	--	--	--	--	--
03	25/04/2020	100.0	91.4	69.3	25.6	8.6	2.3	--	--	--	--	--	--	--	--
04	25/04/2020	100.0	92.4	68.6	26.1	9.0	2.4	--	--	--	--	--	--	--	--
05	26/04/2020	100.0	92.9	70.0	25.1	8.5	2.3	--	--	--	--	--	--	--	--
06	26/04/2020	100.0	93.6	70.2	25.4	10.5	3.2	--	--	--	--	--	--	--	--
07	27/04/2020	100.0	91.4	68.4	25.7	8.2	2.2	--	--	--	--	--	--	--	--
08	27/04/2020	100.0	91.4	69.2	25.8	8.8	2.1	--	--	--	--	--	--	--	--
09	28/04/2020	100.0	92.6	68.1	24.3	8.5	2.4	--	--	--	--	--	--	--	--
010	28/04/2020	100.0	92.5	70.1	25.6	8.2	2.1	--	--	--	--	--	--	--	--

n	10	10	10	10	10	10	10	10							
S	1,000.0	923.2	693.1	252.4	67.5	22.9	0.0	0.0							
ESPECIFICACION	--	--	--	--	--	--	--	--							
Xp	100.0	92.3	69.3	25.2	8.8	2.3	NP	NP							
MIN	100.0	91.4	68.1	24.3	8.1	1.7									
MAX	100.0	93.6	70.3	26.1	10.5	3.2									
DESV. ESTANDAR	0.0	0.7	0.8	0.7	0.7	0.4									
VARIANZA	0.0	0.5	0.6	0.4	0.5	0.1									
COEF. DE VARIACION	0.0	0.8	1.2	2.6	8.0	16.5									

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

RESUMEN DE GRANULOMETRIA CAL HIDRATADA



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA

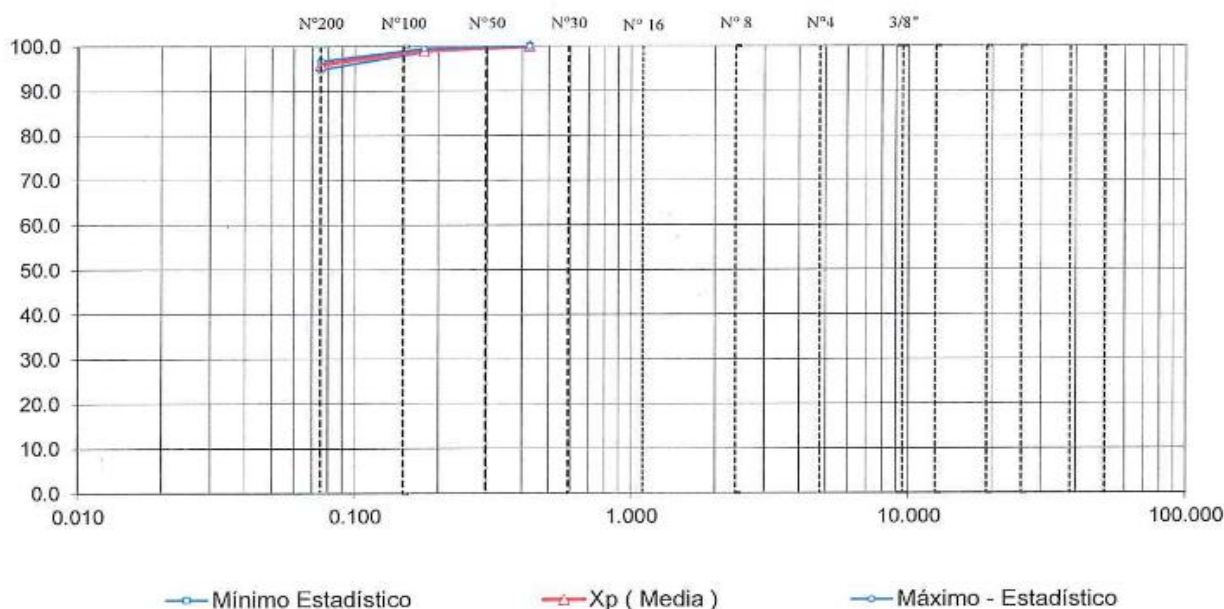


LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

CURVA GRANULOMETRICA - ESTADISTICA CAL HIDRATADA PARA ASFALTO TAMAÑO MAX. N°30

ESTADISTICAS	% que Pasa por el Tamiz					
	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N°200
ABERTURA (mm)	9.500	0.000	0.000	0.177	0.075	0.000
MIN - ESPECIFICACION	--	--	--	--	--	--
MIN - ESTADISTICO				100.0	98.7	94.8
Xp (Media)				100.0	99.0	95.9
MAX - ESTADISTICO				100.0	99.5	96.7
MAX - ESPECIFICACION	--	--	--	--	--	--

Curva Granulométrica - Estadística



LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019
----------------	--

CAL HIDRATADA PARA ASFALTO TAMAÑO MAX. N°30

Muestra:	Cal Hidratada	Material :	DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2	Fecha:	30/04/2020
Cantera:	Carapongo				

N° de Certificado	Fecha	Análisis Granulométrico - % que Pasa Tamiz								Límites de Consistencia Tamiz N° 40		Equiv. Arena %	Peso Específico gr/cc	Absorción %	Sales Solubles Totales %	DURAB SULF Magnesio (%)	Materia Orgánica %
		3/8"	N° 4	N° 8	N° 16	N° 30	N° 40	N° 80	N° 200	LL	IP						
CH-01	23/04/2020	--	--	--	--	100.0	99.0	98.2	96.0	--	--	--	--	--	--	--	--
CH-02	24/04/2020	--	--	--	--	100.0	98.8	97.8	96.5	--	--	--	--	--	--	--	--
CH-03	27/04/2020	--	--	--	--	100.0	98.7	97.8	94.8	--	--	--	--	--	--	--	--
CH-04	29/04/2020	--	--	--	--	100.0	99.5	97.2	96.7	--	--	--	--	--	--	--	--
CH-05	30/04/2020	--	--	--	--	100.0	99.2	98.7	95.3	--	--	--	--	--	--	--	--

n				5	5	5	5										
S					500.0	495.2	489.7	479.3									
ESPECIFICACION					--	--	--	--									
Xp					100.0	99.0	97.9	95.9									
MIN					100.0	98.7	97.2	94.8									
MAX					100.0	99.5	98.7	96.7									
DESV. ESTANDAR					0.0	0.3	0.6	0.8									
VARIANZA					0.0	0.1	0.3	0.6									
COEF. DE VARIACION					0.0	0.3	0.6	0.8									

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

Método Marshall



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

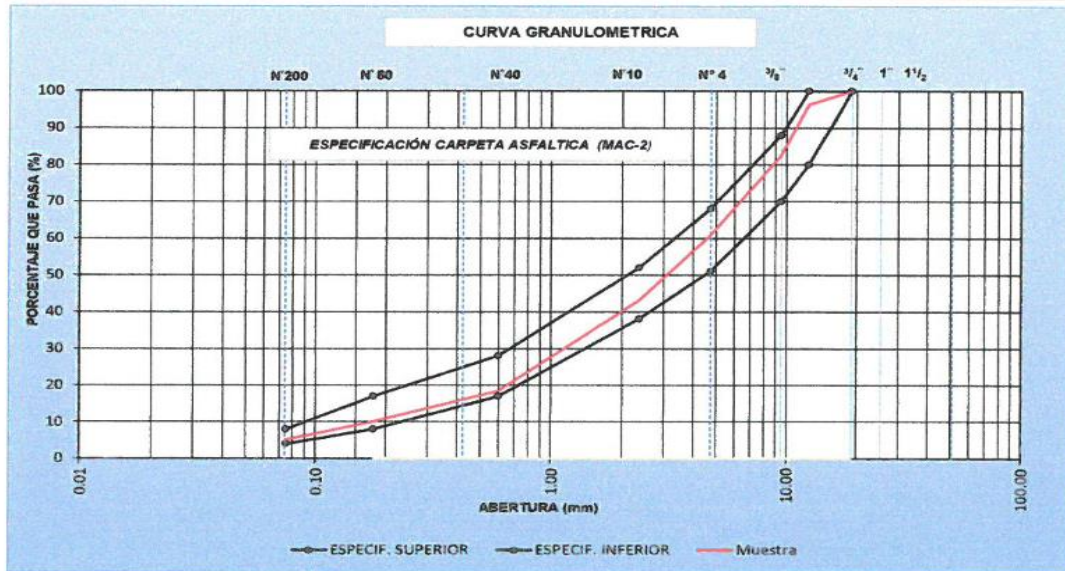
COMBINACION TEORICA DOSIFICACION - ASTM (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019		
Muestra:	Combinación Teórica	Material :	DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2
Cantera:	Carapongo	Fecha:	12/05/2020

DATOS DE LA MUESTRA

MATERIAL		PROCEDENCIA	OBSERVACIONES
1. Grava Chancada 3/4"	35.0%	Cantera Carapongo	
2. Arena Chancada 1/4"	22.0%	Cantera Carapongo	
3. Arena Zarandeada Natural 3/8"	40.0%	Cantera Carapongo	
4. Filler - Cal Hidratada	3.0%	---	
Total	100.0%		

TAMIZ	ABERT. mm.	% RETENIDO PARCIAL				Promedio % Que Pasa	ESPECIFICACIÓN		DESCRIPCION
		Grava Chancada	Arena Chancada	Arena Zarandeada	Filler Cal Hidr.		Minima	Maxima	
1 1/2"	38.100						MAC-2		Tamaño máximo : 3/4"
1"	25.400								Tamaño Nominal : 1/2"
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	Composicion de Agregados : Grava : 39.2 % Arena : 55.7 % Finos : 5.1 %
1/2"	12.500	89.2	100.0	100.0	100.0	96.2	80	100	
3/8"	9.500	49.9	100.0	100.0	100.0	82.5	70	88	
1/4"	6.350		100.0	100.0					
Nº 4	4.750	3.8	89.0	92.3	100.0	60.8	51	68	
Nº 8	2.360								
Nº 10	2.000	1.5	53.8	69.3	100.0	43.1	38	52	
Nº 16	1.190								
Nº 30	0.600								
Nº 40	0.425	0.0	24.2	25.2	99.0	18.4	17	28	
Nº 80	0.297		16.3	8.8	97.9	10.0	8	17	
Nº 100	0.150								
Nº 200	0.075		6.0	2.3	95.9	5.1	4	8	
< Nº 200									



LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

% CA 4.5



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA



LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis : COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

ENSAYO MARSHALL

(MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

Muestra: Combinación Teórica

Cantera: Carapongo

Material : DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2

Fecha: 12/05/2020

PROBETAS			1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%		4.50			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla (Mayor N° 4)	%		37.46			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla (Menor N° 4)	%		55.27			
4	% Filler en Peso de la Mezcla (mínimo 65 % pasa malla N° 200)	%		2.87			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.	gr/cc		1.029			
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.580			
7	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.701			2.641
8	Peso Especifico Bulk de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.649			
9	Peso Especifico Aparente de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.673			2.661
10	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc		2.290			
11	Altura Promedio de la Briqueta	cm					
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1213.2	1214.6	1213.7		
13	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1214.5	1216.0	1215.1		
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	673.2	673.1	674.8		
15	Volumen de la Probeta	cc	541.3	542.9	540.3		PROMEDIO
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta	gr/cc	2.241	2.237	2.246		2.242
17	Peso Especifico Máximo ASTM D - 2041 Rice	gr/cc		2.458			
18	Máxima Densidad Teórica	gr/cc		2.464			
19	% Vacios	%	8.82	8.98	8.61		8.80
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc		2.607			
21	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc		2.668			
22	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc		2.640			
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%		0.50			
24	% del Volumen del agregado /Volumen Bruto de la Probeta	%	82.20	82.05	82.39		
25	% del Volumen de C.A. Efectivo /Volumen de la Probeta	%	8.98	8.97	9.00		
26	% de vacios del Agregado Mineral	%	17.80	17.95	17.61		17.79
27	C.A Efectivo / Peso de la Mezcla	%		4.02			
28	Relacion Betun Vacios	%	50.47	49.96	51.11		50.51
29	Lectura del Anillo	pulg.	160	150	162		
30	Estabilidad Sin Corregir	kg	690	646	699		
31	Factor de Estabilidad		0.93	0.93	0.93		
32	Estabilidad Corregida	kg	642	601	650		630.7
33	Lectura del Flexímetro (0.01")	pulg.	10.0	11.0	10.0		
34	Fluencia	mm.	2.54	2.79	2.54		2.62
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	2526	2150	2558		2411

OBSERVACIONES :


 LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

%CA 5.0



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA



LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis : COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

ENSAYO MARSHALL

(MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

Muestra: Combinación Teórica
Cantera: Carapongo

Material : DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2

Fecha: 12/05/2020

PROBETAS			1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%		5.00			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla (Mayor N° 4)	%		37.27			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla (Menor N° 4)	%		54.88			
4	% Filler en Peso de la Mezcla (mínimo 65 % pasa malla N° 200)	%		2.85			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.	gr/cc		1.029			
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.580			
7	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.701			2.641
8	Peso Especifico Bulk de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.649			
9	Peso Especifico Aparente de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.673			2.661
10	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc		2.290			
11	Altura Promedio de la Briqueta	cm					
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1214.8	1215.1	1217.7		
13	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1215.8	1217.5	1219.8		
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	685.8	684.8	687.6		
15	Volumen de la Probeta	cc	530.0	532.7	532.2		PROMEDIO
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta	gr/cc	2.292	2.281	2.288		2.287
17	Peso Especifico Máximo ASTM D - 2041 Rice	gr/cc		2.440			
18	Máxima Densidad Teórica	gr/cc		2.448			
19	% Vacios	%	6.06	6.52	6.23		6.27
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc		2.609			
21	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc		2.670			
22	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc		2.640			
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%		0.46			
24	% del Volumen del agregado /Volumen Bruto de la Probeta	%	83.45	83.05	83.30		
25	% del Volumen de C.A. Efectivo /Volumen de la Probeta	%	10.49	10.44	10.47		
26	% de vacios del Agregado Mineral	%	16.55	16.95	16.70		16.73
27	C.A Efectivo / Peso de la Mezcla	%		4.56			
28	Relacion Betun Vacios	%	63.37	61.57	62.70		62.55
29	Lectura del Anillo	pulg.	175	180	168		
30	Estabilidad Sin Corregir	kg.	756	778	725		
31	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96		
32	Estabilidad Corregida	kg.	726	747	696		723
33	Lectura del Fleximetro (0.01")	pulg.	11.0	12.0	11.0		
34	Fiuencia	mm.	2.79	3.05	2.79		2.88
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	2598	2451	2491		2513

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Oscar Lázaro Villalva
CONTROL DE CALIDAD

%ca 5.5



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA



LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis : COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

ENSAYO MARSHALL

(MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

Muestra: Combinación Teórica

Cantera: Carapongo

Material : DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2

Fecha: 12/05/2020

PROBETAS			1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%		5.50			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla (Mayor N° 4)	%		37.07			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla (Menor N° 4)	%		54.60			
4	% Filler en Peso de la Mezcla (mínimo 65 % pasa malla N° 200)	%		2.84			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.	gr/cc		1.029			
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.580			
7	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.701			2.641
8	Peso Especifico Bulk de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.649			
9	Peso Especifico Aparente de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.673			2.661
10	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc		2.290			
11	Altura Promedio de la Briqueta	cm					
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1215.8	1215.3	1216.4		
13	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1216.5	1215.9	1217.0		
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	689.6	689.8	690.8		
15	Volumen de la Probeta	cc	526.9	526.1	526.2		PROMEDIO
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta	gr/cc	2.307	2.310	2.312		2.310
17	Peso Especifico Máximo ASTM D - 2041 Rice	gr/cc		2.422			
18	Máxima Densidad Teórica	gr/cc		2.431			
19	% Vacios	%	4.73	4.62	4.56		4.64
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc		2.609			
21	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc		2.670			
22	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc		2.640			
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%		0.46			
24	% del Volumen del agregado /Volumen Bruto de la Probeta	%	83.57	83.66	83.72		
25	% del Volumen de C.A. Efectivo /Volumen de la Probeta	%	11.70	11.72	11.73		
26	% de vacios del Agregado Mineral	%	16.43	16.34	16.28		16.35
27	C.A Efectivo / Peso de la Mezcla	%		5.07			
28	Relacion Betun Vacios	%	71.22	71.71	72.02		71.65
29	Lectura del Anillo	pulg.	208	200	211		
30	Estabilidad Sin Corregir	kg.	902	867	916		
31	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96		
32	Estabilidad Corregida	kg.	866	832	879		859.2
33	Lectura del Flexímetro (0.01")	pulg.	12.0	13.0	12.0		
34	Fluencia	mm.	3.05	3.30	3.05		3.13
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	2842	2520	2884		2749

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

% CA 6.0



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA



LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis : COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

ENSAYO MARSHALL

(MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

Muestra: Combinación Teórica

Cantera: Carapongo

Material : DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2

Fecha: 12/05/2020

PROBETAS			1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%		6.00			
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla (Mayor N° 4)	%		36.87			
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla (Menor N° 4)	%		54.31			
4	% Filler en Peso de la Mezcla (mínimo 65 % pasa malla N° 200)	%		2.82			
5	Peso Especifico Aparente del C.A.	gr/cc		1.029			
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.580			
7	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.701			2.641
8	Peso Especifico Bulk de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.649			
9	Peso Especifico Aparente de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.673			2.661
10	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc		2.290			
11	Altura Promedio de la Briqueta	cm					
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1215.9	1214.8	1217.5		
13	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1216.7	1215.2	1217.9		
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	692.8	690.5	693.1		
15	Volumen de la Probeta	cc	523.9	524.7	524.8		PROMEDIO
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta	gr/cc	2.321	2.315	2.320		2.319
17	Peso Especifico Máximo ASTM D - 2041 Rice	gr/cc		2.405			
18	Máxima Densidad Teórica	gr/cc		2.413			
19	% Vacios	%	3.50	3.73	3.54		3.59
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc		2.609			
21	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc		2.670			
22	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc		2.640			
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%		0.46			
24	% del Volumen del agregado /Volumen Bruto de la Probeta	%	83.61	83.40	83.57		
25	% del Volumen de C.A. Efectivo /Volumen de la Probeta	%	12.89	12.86	12.89		
26	% de vacios del Agregado Mineral	%	16.39	16.60	16.43		16.47
27	C.A Efectivo / Peso de la Mezcla	%		5.57			
28	Relacion Betun Vacios	%	78.66	77.51	78.47		78.21
29	Lectura del Anillo	pulg.	235	231	241		
30	Estabilidad Sin Corregir	kg.	1023	1005	1050		
31	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96		
32	Estabilidad Corregida	kg.	982	985	1008		985.0
33	Lectura del Flexímetro (0.01")	pulg.	13.0	14.0	14.0		
34	Fluencia	mm.	3.30	3.58	3.56		3.47
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	2974	2714	2835		2841

OBSERVACIONES :

%CA 6.5



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA



LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis : COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

ENSAYO MARSHALL

(MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

Muestra: Combinación Teórica
Cantera: Carapongo

Material : DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2

Fecha: 12/05/2020

PROBETAS		1	2	3	4	Prom.
1	C.A. En peso de la mezcla	%		6.50		
2	% De Grava Triturada en peso de la mezcla (Mayor N° 4)	%		36.68		
3	% De Arenas Combinadas en peso de la mezcla (Menor N° 4)	%		54.02		
4	% Filler en Peso de la Mezcla (mínimo 65 % pasa malla N° 200)	%		2.81		
5	Peso Especifico Aparente del C.A.	gr/cc		1.029		
6	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.580		
7	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada (Mayor N° 4)	gr/cc		2.701		2.641
8	Peso Especifico Bulk de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.649		
9	Peso Especifico Aparente de La Arena (Menor N° 4)	gr/cc		2.673		2.661
10	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc		2.290		
11	Altura Promedio de la Briqueta	cm				
12	Peso de la Briqueta al Aire	gr.	1214.1	1214.1	1213.9	
13	Peso de la Probeta Saturada	gr.	1214.9	1214.7	1214.6	
14	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	685.6	684.2	686.4	
15	Peso de la Probeta En el Agua	cc	529.3	530.5	528.2	PROMEDIO
16	Peso Especifico Bulk de la Briqueta	gr/cc	2.294	2.289	2.298	2.294
17	Peso Especifico Máximo ASTM D - 2041 Rica	gr/cc		2.387		
18	Máxima Densidad Teórica	gr/cc		2.396		
19	% Vacios	%	3.91	4.12	3.72	3.92
20	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc		2.609		
21	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc		2.670		
22	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc		2.640		
23	C.A. Absorbido por el Peso Agregado Seco	%		0.46		
24	% del Volumen del agregado /Volumen Bruto de la Probeta	%	82.19	82.01	82.35	
25	% del Volumen de C.A. Efectivo /Volumen de la Probeta	%	13.90	13.87	13.93	
26	% de vacios del Agregado Mineral	%	17.81	17.99	17.65	17.82
27	C.A Efectivo / Peso de la Mezcla	%		6.07		
28	Relacion Betun Vacios	%	78.07	77.09	78.92	78.03
29	Lectura del Anillo	pulg.	221	215	215	
30	Estabilidad Sin Corregir	kg.	960	934	934	
31	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96	
32	Estabilidad Corregida	kg.	922	896	896	904.8
33	Lectura del Fleximetro (0.01")	pulg.	14.5	14.0	14.0	
34	Fluencia	mm.	3.68	3.56	3.56	3.60
35	Factor de Rigidez	Kg/cm	2503	2520	2520	2515

OBSERVACIONES :

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis : **COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019**

RESUMEN METODO MARSHALL
(MTC E-604 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

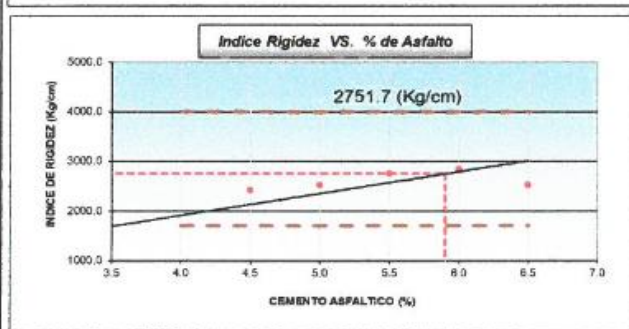
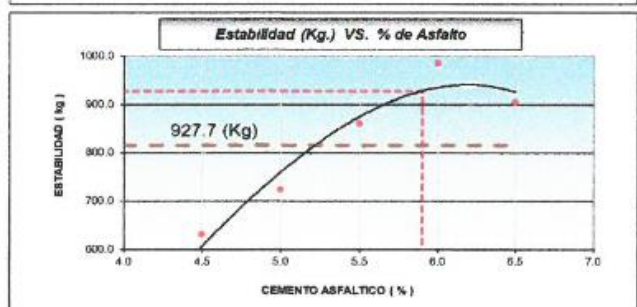
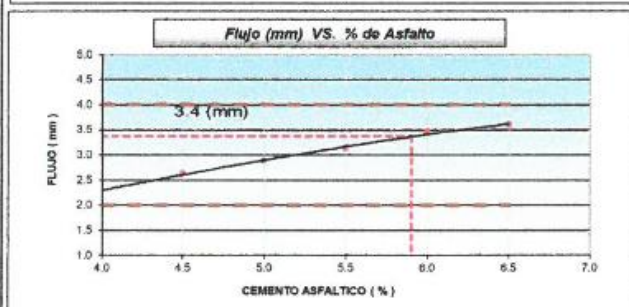
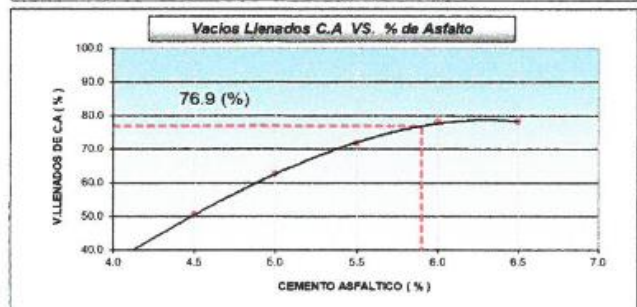
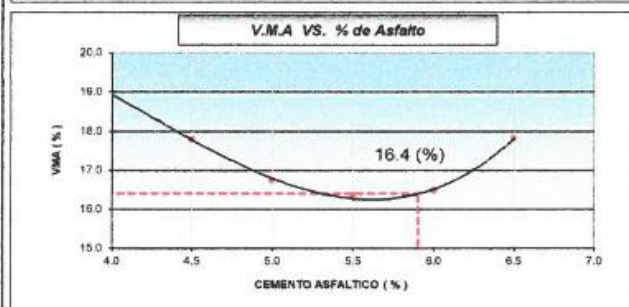
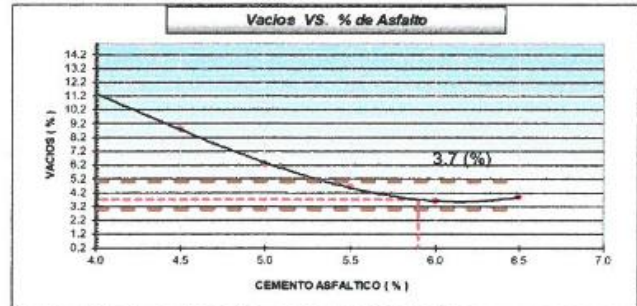
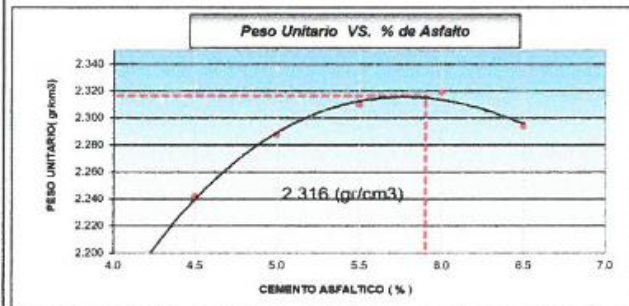
Muestra: Combinación Teórica
Cantara: Carapongo

Material : DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2

Fecha: 12/05/2020

DOSIFICACION:

- | | | | |
|------------------------|-------|----------------------------------|-------|
| 1. Grava Chancada 3/4" | 35.0% | 3. Arena Zarandeada Natural 3/8" | 40.0% |
| 2. Arena Chancada 1/4" | 22.0% | 4. Filler - Cal Hidratada | 3.0% |



Especificaciones	ASTM D-3515	Resultado	Unidades	Condicion
Optimo Contenido C.A	+/- 0.3	5.90	(%)	Cumple
Peso Unitario	-	2.316	(gr/cm³)	Cumple
Vacios al Aire	3 - 5	3.7	(%)	Cumple
V.M.A	Min. 14	16.4	(%)	Cumple
Vacios Llenados C.A	-	76.9	(%)	Cumple
Flujo	2 - 4	3.4	(mm)	Cumple
Indice compactibilidad	Min. 5 (****)		(%)	
Estabilidad Retenida, 24 Horas	Min. 75		(%)	
Estabilidad	Min. 830	927.7	(Kg)	Cumple
Indice de Rigidez	1700 - 3000	2,751.7	(kg/cm)	Cumple

OBSERVACIONES :

VERIFICACION DEL MARSHALL



LABORATORIO LAZARO INGENIERIA & GEOTECNIA



LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis : COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

(MTC E-107, E-204 E-502, E-503 / ASTM D-422, D-546, D-2172 C-117, C-136 / AASHTO T-27, T-88, T-30, T-164)

Muestra: Combinación Teórica

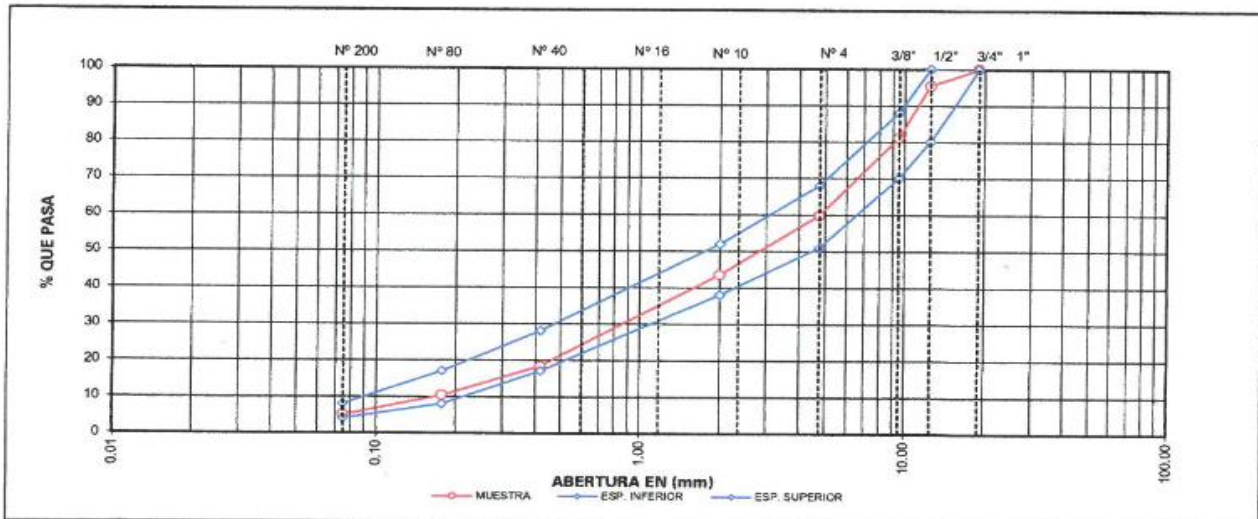
Cantera: Carapongo

Material : DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2

Fecha: 27/05/2020

Tamices ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	(%) Retenido Parcial	(%) Retenido Acumul.	(%) Que Pasa	ESPECIFICACION		DESCRIPCION DE LA MUESTRA
1 1/2"	37.500					MAC-2		1. Peso de Material :
1"	25.000							Peso Mat. S/Lavar 1,200.0
3/4"	19.000				100.0	100	100	Peso Mat. Lavado 1,129.7
1/2"	12.500	52.2	4.6	4.6	95.4	80	100	Peso de Asfalto 70.3
3/8"	9.500	160.5	14.2	18.8	81.2	70	88	Cemento Asfáltico % 5.86
1/4"	6.350							Temperatura Mezcla 146 °C
N° 4	4.750	240.5	21.3	40.1	59.9	51	68	2. Características :
N° 8	2.360							Tamaño máximo : 3/4"
N° 10	2.000	185.3	16.4	56.5	43.5	38	52	Tamaño Nominal : 1/2"
N° 16	1.180							Grava (%) 40.1
N° 20	0.850							Arena (%) 54.9
N° 30	0.600							Finos (%) 5.0
N° 40	0.420	283.3	25.1	81.6	18.4	17	28	3. Características de Diseño :
N° 50	0.300							Grava Chancada % 35.0
N° 60	0.250							Arena Chancada % 22.0
N° 80	0.177	90.6	8.0	89.6	10.4	8	17	Arena Zarandeada % 40.0
N° 100	0.150							Cal - Filler % 3.0
N° 200	0.075	60.5	5.4	95.0	5.0	4	8	Cemento Asfáltico % 60/70
< N° 200		56.8	5.0	100.0				Mejorador de Adherencia % 0.5

CURVA GRANULOMETRICA



Observaciones: Muestra Ensayada con Aditivo Mejorador de Adherencia Quimibond 3000 - 0.5% en Peso de Asfalto

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA

Tesis : COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019

ENSAYO MARSHALL

(MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)

Muestra: Combinación Teórica

Cantera: Carapongo

Material : DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2

Fecha: 27/05/2020

MATERIAL		%	%								
A	GRAVA TRITURADA	40.1	39.2								
B	ARENA	56.9	57.8								
C	FILLER	3.0	3.0								
MEZCLA				100.0	95.4	81.2	59.9	43.5	18.4	10.4	5.0
LIMITES DE ESPECIFIC.				100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8

1	Numero de Probeta	Nº	1	2	3	Promedio
2	C.A. en Peso de la Mezcla	%	5.86	5.86	5.86	
3	% de Grava Triturada en Peso de la Mezcla	%	37.77	37.77	37.77	
4	% de Arena Combinada en Peso de la Mezcla	%	53.55	53.55	53.55	
5	% de Filler en Peso de Mezcla	%	2.82	2.82	2.82	
6	Peso Especifico Aparente de Cemento Asphaltico	gr/cc.	1.0299	1.0299	1.0299	
7	Peso Especifico Bulk de la Grava Triturada	gr/cc.	2.687	2.687	2.687	
8	Peso Especifico Aparente de la Grava Triturada	gr/cc.	2.746	2.746	2.746	2.717
9	Peso Especifico Bulk de la Arena	gr/cc.	2.673	2.673	2.673	
10	Peso Especifico Aparente de la Arena	gr/cc.	2.744	2.744	2.744	2.709
11	Peso Especifico Aparente del Filler	gr/cc.	2.290	2.290	2.290	2.290
12	Altura Promedio de la Probeta	cm.				
13	Peso de la Probeta en el Aire	gr.	1213.8	1215.3	1214.4	
14	Peso de la Probeta Saturada (01 Hora)	gr.	1214.9	1216.2	1215.3	
15	Peso de la Probeta en el Agua	gr.	691.2	693.1	692.2	
16	Volumen de la Probeta	c.c.	523.7	523.1	523.1	
17	Peso Especifico Bulk de la Probeta	gr/cc.	2.318	2.323	2.322	2.321
18	Peso Especifico Maximo (RICE)	gr/cc.		2.410		
19	Maxima Densidad Teorica	gr/cc.	2.463	2.463	2.463	
20	% de Vacios	%	3.83	3.60	3.67	3.70
21	Peso Especifico Bulk del Agregado Total	gr/cc.	2.665	2.665	2.665	
22	Peso Especifico Aparente del Agregado Total	gr/cc.	2.729	2.729	2.729	
23	Peso Especifico Efectivo del Agregado Total	gr/cc.	2.697	2.697	2.697	
24	C.A. Absorbido por el Peso del Agregado Seco	%	0.45	0.45	0.45	
25	% del Vol. del Agregado / Volumen Bruto de la Probeta	%	81.87	82.06	82.00	
26	% del Volumen de C.A. Efectivo / Volumen de Probeta	%	14.30	14.34	14.33	
27	% Vacios del Agregado Mineral	%	18.13	17.94	18.00	18.02
28	C.A. Efectivo/Peso de la Mezcla	%	5.43	5.43	5.43	
29	Relacion Asfalto - Vacios	%	78.89	79.93	79.61	79.48
30	Lectura del Anillo	pul.	230	225	231	
31	Estabilidad sin Corregir	kg	1001	978	1005	
32	Factor de Estabilidad		0.96	0.96	0.96	
33	Estabilidad Corregida	kg	961	939	965	954.9
34	Lectura del Fleximetro (0.01")	pul.	13.5	14.0	14.0	
35	Fluencia	mm.	3.43	3.56	3.56	3.51
36	Relacion Estabilidad / Fluencia	kg/cm.	2801	2641	2714	2719

Observaciones: Muestra Ensayada con Aditivo Mejorador de Adherencia Quimibond 3000 - 0.5% en Peso de Asfalto

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA			
Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019		
MAXIMA GRAVEDAD ESPECIFICA DE LA MEZCLA ASFALTICA SUELTA (MTC E-220 / ASTM D-2041 / AASHTO T-209)			
Muestra:	Combinación Teórica	Material :	DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2
Cantera:	Carapongo	Fecha:	27/05/2020

CARACTERISTICAS GENERALES

Item	MATERIALES	GRAVEDAD ESPECIFICA		PORCENTAJE EN PESO	
		Bulk, Base Seca	Aparente	Agregados	Mezcla
a	Asfalto PEN 85-100	1.030			5.86
b	Agregado Grueso	2.687	2.746	40.12	37.77
c	Agregado Fino	2.673	2.744	59.88	56.37

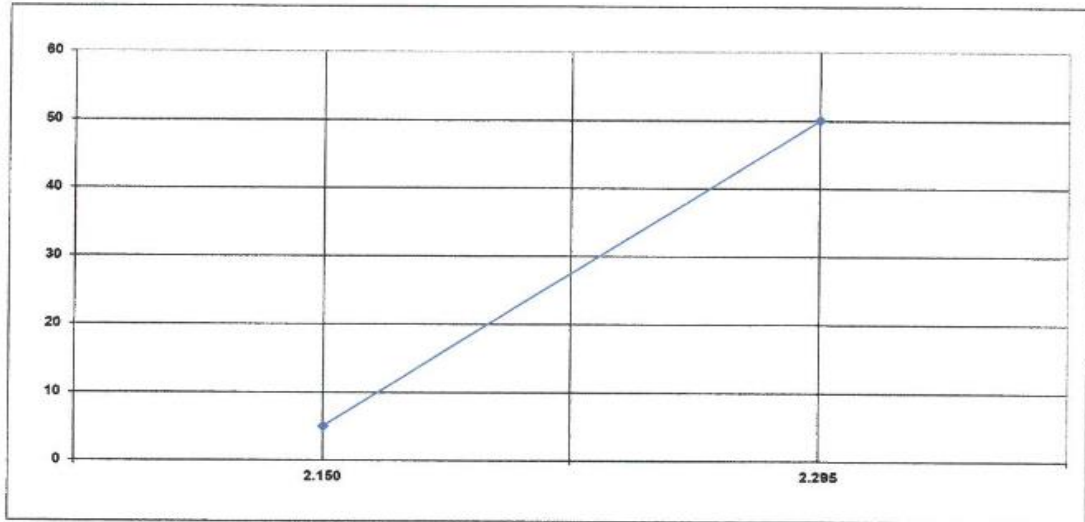
GRAVEDAD ESPECIFICA DE LA MEZCLA ASFALTICA, ABSORCIÓN y ASFALTO EFECTIVO

1	Peso del frasco + el agua	7316.8		
2	Peso de la mezcla	1214.4		
3	Peso del frasco + mezcla + agua	8027.2		
4	Volumen de la mezcla, (1+2-3)	504.0		
5	Gravedad especifica de la mezcla,(2/4)	2.410		
6	Porcentaje de Asfalto total en la mezcla	5.86		
7	Gravedad Especifica efectiva de los agregados, $2 \cdot (100-6) / (4-2 \cdot 6 / 100) / 100$	2.629		
8	Gravedad especifica de los agregados, $100 / (Bb/Ab+Bc/Ac)$	2.679		
9	Asfalto perdido por absorción,(7-8)/(7*8)			
10	Asfalto efectivo en la mezcla, $(6-9/100 \cdot (100-6)) / (100-9/100 \cdot (100-6))$			

OBSERVACIONES: Muestra Ensayada con Aditivo Mejorador de Adherencia Quilbond 3000 - 0.5% en Peso de Asfalto


 LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

LABORATORIO DE INGENIERIA & GEOTECNIA			
Tesis :	COMPORTAMIENTO DE AGREGADOS CHANCADOS AL 100% Y AGREGADO CONVENCIONAL PARA UNA MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE PARA UN ALTO TRANSITO VEHICULAR, LIMA-2019		
INDICE COMPACTIBILIDAD (MTC E-504 / ASTM D-1559 / AASHTO T-245)			
Muestra:	Combinación Teórica	Material :	DISEÑO CONVENCIONAL MAC-2
Cantera:	Carapongo	Fecha:	27/05/2020



Nº de Muestras	01	02	03	04
Nº de Golpes Marshall	5	5	50	50
1.- Peso Briqueta al Aire	1212.8	1215.6	1215.6	1216.2
2.- Peso Briqueta Saturada con Superf. Seca	1233.1	1235.3	1218.3	1219.0
3.- Peso por Desplazamiento	670.6	668.5	687.3	690.3
4.- Volumen de la Briqueta	562.5	566.8	531.0	528.7
5.- Peso Unitario (Gr./cc)	2.156	2.145	2.289	2.300
PROMEDIOS	2.150		2.295	

2.150	2.295
5	50

1

GEB(50) - GEB(5)

IC = 6.9

Observaciones: Muestra Ensayada con Aditivo Mejorador de Adherencia Quimibond 3000 - 0.5% en Peso de Asfalto

LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
 Oscar Lázaro Villalva
 CONTROL DE CALIDAD

ANEXO 4. Certificados de Calibración



Metrotest

E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACION

CMM-021-2020

Solicitante LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Dirección MZ. A E1 LT. 27 - CARABAYLLO

Equipo de Medición BALANZA NO AUTOMÁTICA
Marca OHAUS
Modelo R31P30
Serie 8337090644
Identificación NO INDICA
Procedencia CHINA
Capacidad Máxima 30000 g
División de escala (d) 1 g
División de verificación (e) 10 g
Tipo ELECTRONICA
Ubicación Lab. Masa de Metrotest E.I.R.L.

Misión:

Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:

Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Fecha de Calibración 2020-01-15

Método de Calibración

Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII. PC - 001 del SNM-INDECOPI, Tercera Edición enero 2010.

Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,9 °C	21,9 °C
Humedad Relativa	62 %	62 %

Sello

Fecha de emisión

Jefe de Metrología



2020-01-15

Luigi Asenjo G.
Luigi Asenjo G.



Metrotest

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CTM-016-2020

Página 1 de 4

Solicitante : LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Dirección : MZ. A E1 LT. 27 - CARABAYLLO

Equipo de Medición : MUFLA

Marca : PINZUAR

Modelo : PG-191

Procedencia : COLOMBIA

Código de Identificación : NO INDICA

Número de Serie : 128

Capacidad máxima : 1000 °C

Temperatura de trabajo : 400 °C ± 10 °C

Ventilación : Natural

Lugar de Calibración : Lab. Temperatura de Metrotest E.I.R.L.

Misión:

Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:

Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios.

Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Instrumento de Medición :

Nombre	Marca	Modelo	Código de Identificación	Alcance de indicación	División mínima	Tipo de Indicación
CONTROLADOR DE TERMOMETRO	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	1000°C	1°C	Digital

Fecha de Calibración : 2020/01/11

Fecha de Emisión : 2020/01/11

Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó tomando como referencia el Método de Comparación entre las indicaciones de lectura del termometro controlador del equipo a calibrar con Termometro patrón con 10 tempopares utilizando el "Procedimiento de INDECOPI/SNM PC-005 1º Ed. "Procedimiento para la Calibración de Hornos".

Observaciones

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.



Luigi Aserio G.
Jefe de Metrología

HCMT001-01



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CTM-016-2020

Página 1 de 4

Solicitante : LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Dirección : MZ. A E1 LT. 27 - CARABAYLLO

Equipo de Medición : MUFLA

Marca : PINZUAR

Modelo : PG-191

Procedencia : COLOMBIA

Código de Identificación : NO INDICA

Número de Serie : 128

Capacidad máxima : 1000 °C

Temperatura de trabajo : 400 °C ± 10 °C

Ventilación : Natural

Lugar de Calibración : Lab. Temperatura de Metrotest E.I.R.L.

Instrumento de Medición :

Misión:

Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:

Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Nombre	Marca	Modelo	Código de Identificación	Alcance de indicación	División mínima	Tipo de Indicación
CONTROLADOR DE TERMOMETRO	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	1000°C	1°C	Digital

Fecha de Calibración : 2020/01/11

Fecha de Emisión : 2020/01/11


Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó tomando como referencia el Método de Comparación entre las indicaciones de lectura del termometro controlador del equipo a calibrar con Termometro patrón con 10 termopares utilizando el "Procedimiento de INDECOPI/SNM PC-005 1° Ed. "Procedimiento para la Calibración de Hornos".

Observaciones

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.




Luigi Abarca G.
Jefe de Metrología

HCMT001-01



Metrotest

E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Página 1 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CLM-025-2020

Solicitante : LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Dirección : MZ. A E1 LT. 27 - CARABAYLLO
Instrumento de Medición : COPA CASA GRANDE
Marca : PINZUAR
Modelo : PS-11
Serie : 1963
Identificación : NO INDICA
Procedencia : COLOMBIA
Contador : ANALOGO
División mínima : 1
Lugar de Calibración : Lab. Longitud de Metrotest E.I.R.L.
Fecha de Calibración : 2020-01-15
Fecha de Emisión : 2020-01-15

Misión:

Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:

Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó por comparación directa usando un tacómetro y un Cronometro Patrón certificados, empleando el método de comparación entre las indicaciones de lectura del equipo Casagrande a calibrar versus las revoluciones por minuto medidas con el tacómetro patrón en un tiempo determinado. Tomando Como referencia la Norma ASTM D 4318 y el Manual de Ensayos de Materiales (EM2000) Determinacion de Limite Líquido de los Suelos MTC E 110 - 2000.

Observaciones:

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- Base endurecida Cumple con su referencia a rebote Seco

Los errores encontrados son menores a los Errores Máximos Permitidos (e.m.p) para su Clase de Exactitud. Los resultados indicados en el presente documentos son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto.

METROTEST E.I.R.L. No se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.

El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

- (*) Código inscrito en una etiqueta adherida al instrumento.



Luigi Asemjo G.
Jefe de Metrología



Metrotest

E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CMM-019-2020

Solicitante LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Dirección MZ. A E1 LT. 27 - CARABAYLLO
Equipo de Medición BALANZA NO AUTOMÁTICA
Marca OHAUS
Modelo SE6001F
Serie B615913889
Identificación NO INDICA
Procedencia NO INDICA
Capacidad Máxima 6000 g
División de escala (d) 0,1 g
División de verificación (e) 1 g
Tipo ELECTRONICA
Ubicación Lab. Masa de Metrotest E.I.R.L.
Fecha de Calibración 2020-01-15

Misión:

Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:

Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios.

Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Método de Calibración

Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII. PC - 001 del SNM-INDECOPI, Tercera Edición enero 2010.

Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	19,2 °C	19,0 °C
Humedad Relativa	55 %	43 %

Sello

Fecha de emisión

Jefe de Metrología



2020-01-15

Luigi Asenjo G.

Página 1 de 4
FM035-01



Metrotest

E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA CERTIFICADO DE CALIBRACION CMM-018-2020

Solicitante LABORATORIOS LAZARO S.A.C.
Dirección MZ. A E1 LT. 27 - CARABAYLLO
Equipo de Medición BALANZA NO AUTOMÁTICA
Marca OHAUS
Modelo SE602F
Serie B624197214
Identificación NO INDICA
Procedencia NO INDICA
Capacidad Máxima 600 g
División de escala (d) 0,01 g
División de verificación (e) 0,1 g
Tipo ELECTRONICA
Ubicación Lab. Masa de Metrotest E.I.R.L.

Fecha de Calibración 2020-01-15

Método de Calibración

Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII. PC - 001 del SNM-INDECOPI, Tercera Edición enero 2010.

Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	19,7 °C	19,5 °C
Humedad Relativa	45 %	44 %

Misión:

Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:

Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios.

Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Sello

Fecha de emisión

Jefe de Metrología



2020-01-15

Luiggi Asenjo G.

Página 1 de 4
FM035-01



Metrotest

E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM - 244- 2019

Pag. 1 de 5

Solicitante: LABORATORIOS LAZARO S.A.C.

Dirección: MZ. E1 Lote. 27 - CARABAYLLO

Tipo: ANILLO DE CARGA
 Marca: ELE INTERNATIONAL
 Modelo : 78-0860
 Serie Anillo: 78-0860-01930
 Código: NO INDICA
 Reloj Comparador / Dial : ELE INTERNATIONAL
 Modelo: NO INDICA
 Serie: XIR1369
 Resolución: 0,002 mm
 Cap. Max. Del Anillo: 50 kN(*)
 Patron Utilizado: Celda de Carga Tipo "S"
 Trazabilidad: INF-LE 006-19B PUCP
 Fecha de emision: 2019-11-09
 Fecha Calibracion: 2019-11-09

Procedimiento de Calibracion:

Se empleo el procedimiento de acuerdo con la Norma ASTM E 4 "Standard Practices for Force Verification of Testing Machines".

RESULTADOS DE CALIBRACION

Lectura Unidades.	Lecturas (kgf)			Promedio	Repetibilidad
	L1	L2	L3		
0	0	0	0	0	0
100	457,2	457,1	456,9	457,1	0,07
190	904,7	904,9	904,8	904,8	0,02
290	1.348,7	1.348,5	1.348,3	1.348,5	0,03
380	1.789,4	1.789,7	1.790,1	1.789,7	0,04
470	2.235,0	2.235,6	2.235,2	2.235,3	0,03
540	2.610,2	2.611,0	2.610,5	2.610,6	0,03
640	3.088,0	3.087,8	3.087,5	3.087,8	0,02
710	3.451,1	3.451,0	3.451,8	3.451,3	0,02

(*) Capacidad Máxima del anillo

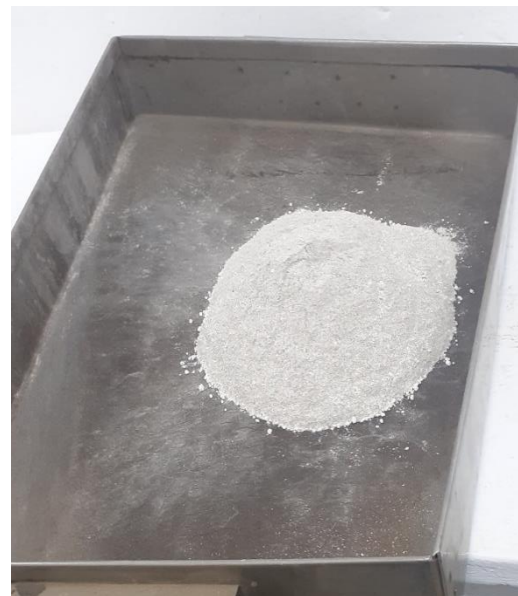
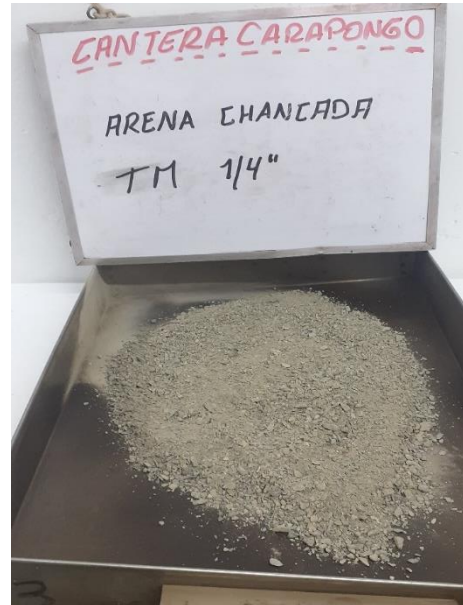


Luigi Asenjo G.
 Jefe de Metrologia

ANEXO 5. Panel fotográfico

AGREGADOS DE LA CANTERA CARAPONGO

Muestras para el diseño convencional que se realizara en el laboratorio mediante el Método Marshall.



AGREGADOS DE LA CANTERA ACARAY

Muestras para el diseño con agregado chancados al 100% que se realizara en el laboratorio mediante el Método Marshall.



Moldeado de las briquetas con cada % CA 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5%



Se realiza el moldeo de compactación en la base colocando papel bond en el fondo del molde antes de colocar la mezcla.

Luego se coloca toda la mezcla realizando una compactación a 75 golpes aplicando en ambas caras.





E retira las briquetas con los diferentes %CA: 4.5%, 5.0%, 5.5%, 6.0%, 6.5%



Luego de extraer las briquetas procedemos a pesar los espécimen y anotamos e valor.



Se procede llevar las briquetas a baño maría por un periodo de 30 a 40 min a 60 °C



La prueba de estabilidad y flujo nos da a conocer valores de cohesión y fricción de la mezcla asfáltica, mediante la aplicación de deformación controlada de 50.8 mm/min. Para determinar el óptimo %CA.