



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Determinación del comportamiento de pavimentos flexible
incorporando cal hidratada en un diseño de mezcla asfáltica en la
Provincia de Sullana

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Ojeda Sandoval, Ricardo Daniel (orcid.org/0000-0002-6474-1313)

Zeta Alama, Allison (orcid.org/0000-0003-2091-9033)

ASESOR:

Ing. Marcelo Sanchez, Ary Garlyn (orcid.org/0000-0002-4805-3860)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

PIURA - PERÚ

2023

DEDICATORIA

Dedicamos esta tesis a Dios Padre que está presente en cada paso que damos, en segundo lugar, a nuestros padres, por siempre creer en nosotros, por la disponibilidad con los recursos necesarios para estudiar, y a nuestras familias, porque fueron los primeros en motivarnos y brindarnos su apoyo incondicional para seguir nuestros caminos.

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro más profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo, en especial a Dios nuestro creador. De igual forma a nuestras familias por haber sido un apoyo incondicional a lo largo de nuestra carrera universitaria. Asimismo, a todo el personal de la escuela de ingeniería civil, por confiar en nosotros.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, MARCELO SANCHEZ ARY GARLYN, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, asesor de Tesis titulada: "Determinación del comportamiento de Pavimentos Flexible incorporando cal hidratada en un diseño de mezcla asfáltica en la Provincia de Sullana.", cuyos autores son OJEDA SANDOVAL RICARDO DANIEL, ZETA ALAMA ALLISON, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 19.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

PIURA, 30 de Abril del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
MARCELO SANCHEZ ARY GARLYN DNI: 80225075 ORCID: 0000-0002-4805-3860	Firmado electrónicamente por: ARYMARCELOS el 30-04-2024 15:09:10

Código documento Trilce: TRI - 0743762



Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, OJEDA SANDOVAL RICARDO DANIEL, ZETA ALAMA ALLISON estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - PIURA, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Determinación del comportamiento de Pavimentos Flexible incorporando cal hidratada en un diseño de mezcla asfáltica en la Provincia de Sullana.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
ALLISON ZETA ALAMA DNI: 74818518 ORCID: 0000-0003-2091-9033	Firmado electrónicamente por: ZZETAAL el 30-04-2024 10:48:19
RICARDO DANIEL OJEDA SANDOVAL DNI: 72909449 ORCID: 0000-0002-6474-1313	Firmado electrónicamente por: ROJEDASAN el 30-04-2024 15:14:42

Código documento Trilce: TRI - 0743761

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DECLARATORIA DE AUTENCIDAD DEL ASESOR.....	iv
DECLARATORIA DE ORIGINALIDAD DEL AUTOR/ AUTORES.....	v
INDICE DE CONTENIDOS	vi
INDICE DE TABLAS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	13
3.1. Tipo y diseño de investigación	13
3.2. Variables y operacionalización:.....	13
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	15
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	16
3.5. Procedimientos.....	19
3.6. Método de análisis de datos	21
3.7. Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS	23
V. DISCUSIÓN	70
VI. CONCLUSIONES.....	79
VII. RECOMENDACIONES	82
REFERENCIAS	83
ANEXOS	87

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cantidad de muestras elaboradas en laboratorio	16
Tabla 2: Tabla Granulométrica-Grava Chancada de 3/4"	25
Tabla 3: Tabla Granulométrica-Arena Chancada de 1/4"	27
Tabla 4: Tabla Granulométrica-Arena Zarandeada de 3/8"	29
Tabla 5: Combinación Teórica.....	31
Tabla 6: Combinación Teórica Dosificación.....	32
Tabla 7: Diseño Patrón MAC-02 C.A 5.5 %.....	36
Tabla 8: Cuadro comparativo de resultados diseño patrón Vs adición de cal hidratada.	54
Tabla 9: Costo de producción de mezcla asfáltica convencional.....	64
Tabla 10: Costo de producción de mezcla asfáltica caliente con cal.....	66
Tabla 11: Comparación de costos de producción de las mezclas asfálticas convencional y la mezcla asfáltica que incluye cal hidratada.....	68
Tabla 12: Vida útil del pavimento.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Capas de un pavimento flexible.....	4
Figura 2: Foto de la Cantera en Sojo – Sullana.....	24
Figura 3: Curva Granulométrica agregado grueso.....	26
Figura 4: Curva Granulométrica de arena chancada de 1/4".....	28
Figura 5: Curva Granulométrica de arena zarandeada de 3/8".....	30
Figura 6: Curva Granulométrica de Combinación de Mezclas.....	33
Figura 7: Requerimientos de Suparpave para Granulometría.....	34
Figura 8: Tamaño máximo nominal.....	35
Figura 9: Representación gráfica.....	37
Figura 10: Determinación del contenido óptimo de asfáltica (sin cal).....	38
Figura 11: Determinación del contenido óptimo de asfáltica (cal=1.5%).....	40
Figura 12: Determinación del contenido óptimo de asfalto (con cal al 2.0%).....	42
Figura 13: Determinación del contenido óptimo de asfalto (con cal al 2.5%).....	44
Figura 14: Comparación estadística de las propiedades físicas %C. A.....	46
Figura 15: Comparación estadística de las propiedades físicas P. unitario... ..	47
Figura 16: Comparación estadística de las propiedades físicas %Vacíos.....	48
Figura 17: Comparación estadística de las propiedades físicas %V.M.A.....	49
Figura 18: Comparación estadística de las propiedades físicas Flujo (mm).....	50
Figura 19: Comparación estadística de las propiedades físicas %Vacíos Llenos.....	51
Figura 20: Comparación estadística de las propiedades físicas Estabilidad (kg).....	52

Figura 21: Comparación estadística de las propiedades físicas Estabilidad / Flujo.....	53
Figura 22: Comparación de % C.A. Diseño tradicional Vs. Diseño con cal.....	56
Figura 23: Comparación de % Vacíos Diseño tradicional Vs. Diseño con cal.....	57
Figura 24: Comparación de P.U. Diseño tradicional Vs. Diseño con cal.....	58
Figura 25: Comparación de % V.M.A. Diseño tradicional Vs. Diseño con cal.....	59
Figura 26: Comparación de % V.LL.C.A. Diseño tradicional Vs. Diseño con cal...60	
Figura 27: Comparación del Flujo Diseño tradicional Vs. Diseño con cal.....	61
Figura 28: Comparación de Estabilidad Diseño tradicional Vs. Diseño con cal.....	62
Figura 29: Comparación de Estabilidad/Flujo Diseño tradicional Vs. Diseño con cal.....	63

RESUMEN

Esta investigación se enfoca en mejorar la durabilidad y resistencia de los pavimentos flexibles en Sullana, Perú, esto se logra mediante la adición de cal hidratada a la mezcla asfáltica en proporciones de 1.5%, 2.0% y 2.5%. Nuestra metodología es aplicada, de observación directa de tipo experimental y de enfoque cuantitativo. Se llevaron a cabo ensayos de mecánica de suelos y la prueba Marshall en materiales pétreos de las canteras Ancosa y Santa Cruz en una proporción de 35.0 % agregado grueso de $\frac{3}{4}$ ", 50% de Arena triturada $\frac{3}{8}$ " y Arena Zarandeada 15% agregado fino, cumpliendo con los límites de la gradación MAC -02. Los hallazgos indicaron que el uso de cal hidratada puede disminuir la cantidad de cemento asfáltico en un promedio de 3.39%., el peso unitario aumenta en un 5.5%, y la estabilidad aumenta hasta añadir de 1.5% a 2.0% de cal, pero disminuye al añadir 2.5% de cal, determinando así nuestro óptimo de cal en 1.5%, el costo de producción aumenta en un 4.0% por m³, la mayor duración de las mezclas compensa este aumento inicial de costos. Esta investigación contribuirá al campo de la ingeniería civil y podría tener un gran impacto en la mejora de la infraestructura de pavimentación en la provincia de Sullana y posiblemente en otras regiones con condiciones similares.

Palabras clave: Pavimentos flexibles, cal hidratada, mecánica de suelos, Marshall, estabilidad.

ABSTRACT

This research focuses on enhancing the durability and strength of flexible pavements in Sullana, Peru. This is achieved by adding hydrated lime to the asphalt mix in proportions of 1.5%, 2.0%, and 2.5%. Our methodology is applied, direct observation of an experimental type and a quantitative approach. Soil mechanics tests and the Marshall test were carried out on stone materials from the Ancosa and Santa Cruz quarries in a proportion of 35.0% coarse aggregate of $\frac{3}{4}$ ", 50% of crushed sand $\frac{3}{8}$ " and screened sand 15% fine aggregate, complying with the limits of the MAC -02 gradation. The findings indicated that the use of hydrated lime can decrease the amount of asphalt cement by an average of 3.39%, the unit weight increases by 5.5%, and stability increases up to adding 1.5% to 2.0% of lime, but decreases when adding 2.5% of lime, thus determining our lime optimum at 1.5%, the production cost increases by 4.0% per m³, the longer duration of the mixes compensates for this initial cost increase. This research will contribute to the field of civil engineering and could have a significant impact on improving paving infrastructure in the province of Sullana and possibly in other regions with similar conditions.

Keywords: Flexible pavements, hydrated lime, soil mechanics, Marshall, stability

I. INTRODUCCIÓN

Alrededor del mundo, los avances de la tecnología han buscado optimizar los medios físicos y de servicio de los pavimentos flexibles. Para este mejoramiento han surgido múltiples materiales como aditivos en la mezcla asfáltica.

En países más desarrollados vienen aplicando ideas las cuales permiten la calidad y mejoramiento de los pavimentos, aplicando aditivos que logren que la superficie asfáltica obtenga mayor durabilidad, resistencia a los cambios climáticos y mayor tiempo de servicio.

A pesar que los pavimentos de mezcla asfáltica son elaborados bajo el cumplimiento del MTC, podemos ser testigos que muchas de estas obras al finalizar su construcción, no logran cumplir con el tiempo establecido útil estipulado según el expediente técnico.

Hoy en día en el Perú, y principalmente en la provincia de Sullana no tiene pavimentos en mezcla asfáltica aplicando cal hidratada, se puede observar que la mayoría de pavimentos se encuentran agrietados, con fisuras, con deformaciones y ahuellamientos; todo esto afecta directamente el desempeño de los pavimentos a causa de los factores climáticos que son sometidos. Por lo tanto, se están investigando alternativas innovadoras con el fin de mejorar la eficiencia de las composiciones asfálticas para un diseño más eficaz.

Mediante la formulación de una combinación de asfaltos utilizando proporciones de cal hidratada, el índice de plasticidad y su expansión se obtuvo reducir, además de aumentar la durabilidad y resistencia. Por lo tanto, este diseño de mezcla asfáltica se aplica principalmente en suelos de arcilla y arenas limosas, que tienen un alto contenido de finos y una plasticidad alta o media. En consecuencia, se modifica la curva de compactación, lo que conlleva a una reducción en la máxima densidad seca y un aumento en la humedad óptima para la compactación. (Arenas y Rosas, 2019).

La utilización de cal hidratada puede generar significativas ventajas al incorporarse como componente en las combinaciones asfálticas, ya sea bajo condiciones de temperaturas frías o calientes. Mediante este aditivo, que es una sustancia que disminuye los perjuicios que sufre la superficie de la carretera a causa de condiciones húmedas, como lluvias y de temperaturas elevadas., es por eso que decidimos realizar esta investigación, con el fin de contribuir a desarrollar un pavimento resistente a la humedad considerando las situaciones climatológicas que afectan a la provincia de Sullana.

Para ello nos formulamos la siguiente interrogante: ¿Es factible el uso de cal hidratada en pavimentos flexibles como parte de un diseño de mezcla asfáltica optimizado para la provincia de Sullana?

La razón principal detrás del desarrollo de este proyecto, reside en llevar a cabo experimentos para examinar la mecánica del suelo y llevar a cabo el ensayo Marshall con diversas proporciones de cal hidratada. A partir de los datos recogidos en el laboratorio a través de estos ensayos, se pretende instaurar la durabilidad de los agregados y demás así como la resistencia del diseño a elaborar de la mezcla asfáltica en la provincia de Sullana. Si bien es cierto existen antecedentes respecto al tema, estas vienen siendo de tipo descriptivo, pues hasta el momento no viene siendo aplicado en la provincia de Sullana. Por lo tanto, abordaremos este proyecto experimental de naturaleza cuantitativa, con el objetivo de recopilar datos numéricos de pruebas de las propiedades mecánicas de suelo y pruebas del proyecto de mezcla asfáltica (Marshall) realizadas en centro de pruebas de laboratorio. En consecuencia, se propone recolectar muestras de cantera en la Región Piura, específicamente en la Provincia de Sullana, con el propósito de evaluar su aplicabilidad en esa área. De esta forma, aportaremos a la ingeniería civil datos y conocimientos valiosos que pueden enriquecer el campo.

Nuestro principal objetivo en este proyecto de investigación es determinar la estabilidad y deformación del diseño asfálticos para pavimento flexible en la provincia de Sullana - Piura realizando pruebas para analizar la mecánica del suelo y llevar a cabo el ensayo Marshall utilizando diferentes proporciones de cal

hidratada. Así mismo se formuló los objetivos específicos: (1) Identificar las propiedades físicas que se obtienen al aplicar cal hidratada en las mezclas asfálticas. (2) Identificar el porcentaje óptimo de cal hidratada que permitan tener un pavimento flexible según la normatividad (3) Determinar el costo beneficio del diseño de la carpeta asfáltica adicionando cal hidratada mediante los datos alcanzados

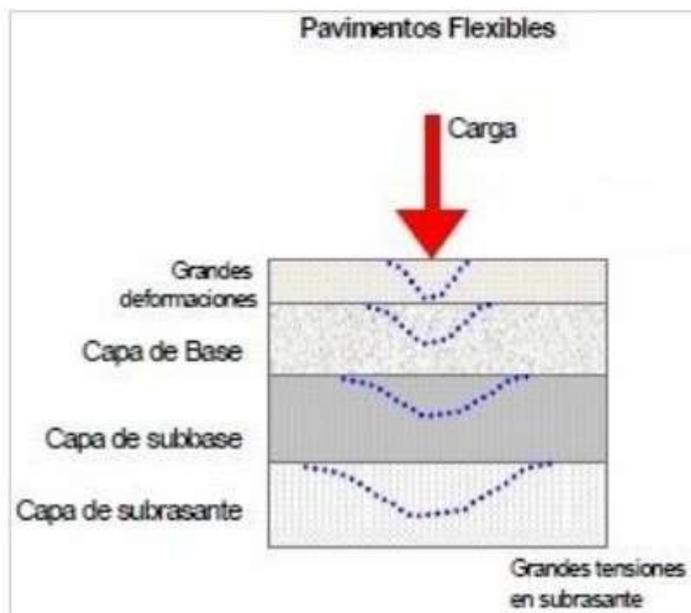
La hipótesis planteada es: La adición de porcentaje de cal hidratada mejorará significativamente el rendimiento físico-mecánico de la formulación de mezcla asfáltica para pavimentos flexibles en la Provincia de Sullana.

II. MARCO TEÓRICO

Según Abeyesekera et al. (2002). El desafío de construir nuevas carreteras tanto en zonas urbanas como rurales donde hay escasez de materiales de construcción de calidad es enorme, especialmente cuando se encuentran suelos expansivos. Cerca del 95% de las vías en todo el mundo están construidas con pavimentos flexibles. Este tipo de superficie se compone de cuatro estratos: subrasante, subbase, base y capa superior, tal como se observa Figura 1.

Figura 1:

Capas de un pavimento flexible



Nota: Libro de pavimentos.

Durante el desarrollo de indagación de investigaciones, se han citado las siguientes investigaciones a nivel internacional:

Al-khafaji, et al. (2019). En su artículo de investigación titulada: "*Investigative tests on the performance of asphaltic mixtures modified by additive combinations (hydrated lime and polypropylene)*", se procuró examinar el desempeño de una superficie de carretera adaptable. Para lograrlo, se empleó asfalto proveniente de una planta de refinación en Al-Daurah, al que se le incorporaron dos mejoradores locales: cal hidratada y polipropileno. Las muestras para la mezcla asfáltica en

caliente se elaboraron con agregado, con un tamaño máximo nominal de 2.5 cm para la capa base y 1.9 cm para la imprimación. En esta investigación, en lugar de usar cemento como relleno HMA de manera habitual, se optó por un porcentaje de cemento Portland. Para la capa base se utilizó un 5%, mientras que para la capa ligante se empleó un 6%. Como aditivo se utilizó polipropileno con porcentajes de 1, 2 y 3% en peso de asfalto y en cal hidratada se utilizó cal hidratada estado seco a un porcentaje del 1% en peso de árido como sustituto parcial de relleno. Se llevaron a cabo pruebas utilizando el método Marshall para examinar las características esenciales de la mezcla de asfalto. Aplicando polipropileno y cal, se observó un acrecentamiento en los datos obtenidos de los análisis Marshall y los análisis realizados en laboratorio de tracción indirecta, siendo 1,3 y 1,5 veces mayores respectivamente, en contraste con la mezcla de referencia, también se observó un incremento del índice de la prueba de resistencia retenida en aproximadamente 1,3 veces. De lo anterior se puede concluir que la inclusión de una combinación compuesta por 1% de cal hidratada en peso del agregado y 2% de polipropileno en peso de las mezclas asfálticas cumple con los estándares establecidos en cuanto a estabilidad, sensibilidad, humedad y resistencia a la tracción indirecta.

Hayder Abbas, et al (2020) en el artículo “Evaluación de laboratorio de mezclas asfálticas iraquíes que contienen asfa-min como aditivo para mezclas calientes”, menciona que las mezclas en caliente se asocian con el proceso empleado para producir mezclas asfálticas a temperaturas más bajas que las requeridas en la preparación del proyecto de mezcla asfáltica estándar en temperatura baja . Al utilizar esta tecnología, se reducirá la cantidad de combustible, lo que tendrá un efecto positivo en el medio ambiente. En este estudio, se elaboraron dos variantes de mezclas asfálticas utilizando materiales de origen local. La primera variante fue mezcla asfáltica en caliente (HMA), por otro lado fue la mezcla asfáltica templada (WMA). Esta última incluye mezclas asfálticas con un 0,3% de Aspha-min en su peso total. Se realizaron múltiples pruebas para valorar ambas variantes de mezclas, incluyendo la prueba Marshall, pruebas de resistencia a la humedad (Ratio de Resistencia Indirecta a la Tracción TSR) y la prueba de resistencia al desgaste

por rodadura (Wheels Tracking). Los resultados indicaron que el desempeño de la mezcla asfáltica en caliente (HMA) fue superior al de la mezcla asfáltica templada (WMA) en términos de resistencia a la humedad. Sin embargo, en cuanto a la resistencia al ahuellamiento, ambos tipos mostraron niveles similares de resistencia. En relación a los resultados de las pruebas Marshall, ambas variedades lograron cumplir con los estándares de especificación. Además, la incorporación de cal hidratada potenció la capacidad de la mezcla asfáltica templada (WMA) para resistir la humedad y minimizar el ahuellamiento. Esta modificación demostró resultados particularmente prometedores para esta tecnología.

Al-Ashaibi, A.; et al (2022) en el siguiente artículo “Propiedades térmicas del hormigón asfáltico modificado con cal hidratada y evaluación del modelado para su efecto sobre los pavimentos construidos en servicio” en este estudio demostró que el uso de cal hidratada (HL) como relleno mineral mejora las propiedades térmicas del hormigón asfáltico, sin embargo, demuestra que tiene poca influencia en los perfiles de temperatura local dentro de la estructura de la misma. El pavimento HL tiene aproximadamente un 1,5% menos de deformación y un 39% menos de nivel de tensión solo bajo carga de tráfico, pero el efecto térmico aumenta el nivel máximo de tensión de tracción interna total en un 26% en el pavimento HL durante la época de frío. La evaluación del modelado ha revelado que la tensión de tracción máxima se manifiesta de manera predominante en la región correspondiente a la superficie del pavimento HL. Ayudará a reducir el esfuerzo de trabajo de reparación de grietas y, a largo plazo, ayudará a ahorrar costes y esfuerzos de mantenimiento, pero el efecto térmico aumenta el nivel máximo de tensión interna total en un 26% en el pavimento HL en temporada de invierno.

Otro antecedente internacional tenemos a Yu Wang, et. al (2022) investigación titulada “Análisis de fatiga térmica del diseño de pavimentos uso de asfalto modificado con cal hidratada concreto”. Revista internacional de ingeniería de pavimentos y tecnología de asfalto (PEAT) ISSN 1464-8164. En dicho artículo se presentó un estudio sobre el efecto térmico en el hormigón asfáltico, en el que se utilizó cal hidratada como relleno mineral parcial. La prueba experimental

corroboró que al sustituir el 2,5 % de cal hidratada por relleno de piedra caliza convencional se logró una durabilidad óptima para la mezcla empleada en la capa de rodadura. Asimismo, se desarrolló un modelo numérico que simuló un escenario hipotético en la región de Manchester, al noroeste de Inglaterra, ofreciendo una evaluación cuantitativa del impacto de las condiciones climáticas locales en la duración efectiva del pavimento construido ha sido objeto de estudio. Un caso examinado destacó la marcada influencia del clima en la fatiga del pavimento. Se están realizando investigaciones adicionales para contrastar la resistencia a la fatiga entre pavimentos que incorporan y no incorporan hormigón modificado con cal hidratada

En otro estudio, Iwanski MM. (2020) se estudio como la cal (hidratada) actúa en la propiedad del asfalto. elaborado mediante la tecnología de mezcla semicaliente. Esta tecnología permite reducir la temperatura de mezcla entre 100 °C y 130 °C, usando betún espumado con agua como aglomerante. El betún 50/70 se modificó con un agente tensioactivo (SAA) al 0,6 % en peso para mejorar sus propiedades de espumado. Se fabricó hormigón asfáltico (AC) 8 S con el betún espumado y se sustituyó parcialmente el relleno de piedra caliza por cal hidratada en proporciones de 0, 15, 30 y 45 % en peso. Se investigó cómo la incorporación de cal hidratada afectaba el volumen de poros, el módulo de elasticidad en tensión indirecta a diferentes temperaturas y la capacidad del asfalto con modificaciones al no sufrir deformaciones. Los hallazgos indicaron que un contenido de cal hidratada del 30 % en peso optimizaba tanto la durabilidad como el rendimiento del asfalto semicaliente.

En su estudio titulado “El efecto de la adición de cal hidratada como relleno en la deformación permanente de la mezcla asfáltica”, Tiara Fahreza, et al. (2023) destacan el uso de la cal hidratada en la construcción de carreteras como un material complementario que optimiza las características de las mezclas asfálticas. Como aditivo, la cal hidratada contribuye a evitar la disgregación de los agregados y fortalecer la resistencia y la longevidad de las capas de asfalto que soportan el tráfico vehicular. Esta investigación analizó el efecto de la cal hidratada como relleno en la deformación permanente de la capa de desgaste de hormigón asfáltico (AC-WC), que es la capa más expuesta a las cargas y las

fricciones del tráfico. Se utilizaron diferentes porcentajes de relleno de cal hidratada (0%, 25%, 50%, 75% y 100%) y se examinó la estabilidad y la alteración de las mezclas asfálticas mediante un dispositivo de seguimiento de ruedas (WTM).

Los hallazgos revelaron que la combinación óptima de AC-WC fue aquella que contenía un agregado con la gradación correcta, un contenido ideal de asfalto del 6.5% y una composición de relleno de cal hidratada del 75%. Esta combinación exhibió la mayor estabilidad (1910,55 kg) y la menor alteración permanente (5727,7 pistas/mm) de todas las combinaciones probadas.

También se tiene a Ulloa (2020), cuyo propósito general fue evaluar cómo el Relleno Activo afecta el comportamiento de la restauración de la Superficie Asfáltica. Además, utilizó un enfoque de investigación aplicada que abordó elementos explicativos, causales y correlacionales y al mismo tiempo adoptó un enfoque cuantitativo para su población. Las mezclas asfálticas con relleno se diseñan mediante un método de muestreo deliberado. En este estudio de investigación, se exploraron métodos para optimizar las características de una capa asfáltica con la meta de evolucionar un pavimento duradero que pueda resistir diversas cargas de tráfico. Para alcanzar este objetivo, se realizaron cuatro diseños de mezclas, todos ellos siguiendo los parámetros del diseño Marshall. Estos diseños incorporaron Cemento Portland y Cal Hidratada en proporciones de 0,5% y 1,5% respectivamente. Tras llevar a cabo las pruebas pertinentes en los materiales para comprobar que satisfacen los criterios definidos en la regulación EG-2013 para el proyecto de combinaciones asfálticas, se obtuvieron resultados de gran relevancia. En resumen, se puede afirmar que la adición de relleno activo potenció las propiedades de la capa asfáltica. La composición de la mezcla que mostró rendimiento superior en términos de estabilidad fue el primero, que empleaba un 0,5% de cemento Portland como relleno, con un contenido óptimo de cemento del 5,75%. Se obtuvo resultados de 1296,00 kN, así como una continuidad de 13,40 mm y una proporción del 4,50% de espacios vacíos. El segundo diseño, que empleaba un 1.5% de cemento asfáltico como relleno, también arrojó resultados sólidos, con una capacidad de 1328.20 kN, 11.60 mm de flujo constante y un porcentaje de vacíos del 4.10%. Los dos últimos diseños,

que incorporaban cal hidratada como relleno, arrojaron resultados prometedores para la restitución de la Avenida. Sin embargo, el primer diseño, que contenía un 1.5% de cemento Portland, sobresalió por su resistencia superior a la deformación. El estudio demuestra que la combinación de cemento y cal hidratada en el asfalto puede mejorar las propiedades de una capa asfáltica, lo que es esencial para la durabilidad y el rendimiento en condiciones de tráfico.

De acuerdo con Kikut et al. (2020), la cal hidratada se caracteriza como un componente comúnmente incorporado en las combinaciones de asfalto, pues confiere características singulares y contribuye a prolongar su durabilidad. Este compuesto químico ha sido tema de numerosos estudios en los últimos años, debido a los beneficios que ofrece como aditivo en la matriz asfáltica. Este aditivo también es conocido como "filler", término que según Little y Petersen (2005) hace referencia a cualquier partícula de tamaño inferior a 74 μm que se añade al asfalto. Según investigaciones llevadas a cabo en Estados Unidos, se ha verificado tanto en experimentos de laboratorio como en condiciones prácticas que añadiendo en la mezcla de asfalto caliente cierto porcentaje de cal hidratada desempeña una función fundamental en la disminución de la susceptibilidad a la capacidad del pavimento flexible de resistir la humedad. Este aditivo mejora la unión entre el betún y los materiales pétreos, mejorando su capacidad para resistir el daño causado por el agua. Además, los estudios de costo del ciclo de vida realizados por Epps y Sebaaly han evidenciado que el empleo de cal hidratada en la combinación de asfalto conlleva a un ahorro aproximado de \$20 por tonelada de mezcla HMA. Asimismo, los datos de rendimiento en campo han revelado un incremento del 38% en la duración esperada del pavimento.

Huang, S.-C., et al. (2002) en su investigación "Efecto de la cal hidratada sobre las características del envejecimiento oxidativo del asfalto a largo plazo" Se llevó a cabo un experimento con asfaltos puros AAD-1, ABD y sus mezclas con dos grados diferentes de cal hidratada para investigar el efecto de la cal sobre las características de envejecimiento a largo plazo de los aglomerantes asfálticos. Se empleó un reómetro de corte dinámico a temperaturas de 25°C (77°F) y 60°C (140°F) para evaluar las propiedades reológicas de mezclas de cal y asfalto, tanto envejecidas como no envejecidas. La inclusión de cal hidratada en el asfalto

(AAD-1) demostró reducir eficazmente el endurecimiento debido al envejecimiento oxidativo. Se observó que el ángulo de fase alcanzó valores similares a los tiempos de envejecimiento después de aproximadamente 800 horas a 60 °C en condiciones de envejecimiento acelerado para AAD-1 y sus mezclas con cal. Después de este periodo de envejecimiento, el ángulo de fase fue mayor en el asfalto tratado con cal en comparación con el no tratado, y continuó disminuyendo a un ritmo más lento. Este resultado sugiere que la adición de cal incrementa la rigidez inicial del material asfáltico, pero lo más importante, preserva su elasticidad durante el envejecimiento oxidativo a largo plazo. Por lo tanto, en el caso de este tipo específico de asfalto, cuando se alcanza un nivel de oxidación común en las carreteras, tanto los asfaltos tratados con cal como los no tratados llegaron a tener la misma viscosidad con el tiempo. Sin embargo, el asfalto tratado con cal exhibió una mejor capacidad de flujo viscoso en comparación con el asfalto no tratado. Por lo tanto, se podría anticipar que el asfalto envejecido y tratado con cal sería más resistente a la formación de grietas por fatiga. Por otro lado, el otro tipo de asfalto probado (ABD) no mostró efectos notables de la cal en términos de la velocidad de endurecimiento debido al envejecimiento oxidativo. Este asfalto, que es altamente compatible y bajo en asfalteno, no es representativo de la mayoría de los asfaltos utilizados en pavimentación. Dado que se ha demostrado que la adición de cal hidratada reduce el endurecimiento debido al envejecimiento oxidativo tanto en entornos de laboratorio como en los primeros años de vida del pavimento, la incorporación de cal hidratada debería prolongar la durabilidad de los pavimentos asfálticos. El agregado pétreo se caracteriza como cualquier sustancia mineral que es inerte o resistente, utilizada en forma de partículas graduadas o fragmentos en un pavimento hecho con mezcla asfáltica caliente.

En este estudio de investigación, se utilizaron agregados pétreos provenientes de las Canteras Ancosa y Santa Cruz, ubicadas en Sojo. Los materiales pétreos empleados comprenden grava de tamaño medio normalizado de 19 mm (3/4") y arena triturada, sin presencia de grava.

Rasouli et. al (2018) indican que el uso de cal hidratada puede potenciar las propiedades de la combinación asfáltica en tres formas distintas: incrementando

la resistencia a la aparición de fisuras, fortaleciendo la aguante a la deformación permanente y disminuyendo la tasa de rigidez que resulta del proceso de envejecimiento del material.

De acuerdo con el MTC (2014), la cal hidratada es un aditivo estabilizador empleado en suelos de baja capacidad portante, abarcando una variedad de limos inorgánicos poco compresibles y arcillas inorgánicas de baja compresibilidad. Al aplicar este aditivo estabilizador en el suelo, se optimiza el coeficiente estructural de la superficie del pavimento, ejemplo, la subrasante.

Los suelos de Sullana, que se componen principalmente de limos y arcillas inorgánicas y tienen baja capacidad portante, podrían mejorarse mediante el uso de cal hidratada como aditivo estabilizador. Para lograr un diseño de mezcla asfáltica adecuado, es necesario calcular en el laboratorio. El porcentaje de cal hidratada requerida, considerando las peculiaridades específicas de los terrenos de Piura. Para determinar las características del suelo, es fundamental realizar ciertos ensayos de laboratorio que permitan conocer sus propiedades físicas y mecánicas. Estos estudios, conocidos como Estudios de Mecánica de Suelos (EMS), incluye varios ensayos recomendados por los investigadores, tales como el Análisis Granulométrico por tamizado, que busca clasificar el tipo de suelo según las normas SUCS o AASHTO; el porcentaje de humedad, que permite estimar el porcentaje de saturación del suelo natural; los Límites de Atterberg, que establecen el Índice de Plasticidad a través del Límite Líquido y Límite Plástico del terreno natural o estabilizado; la Relación Densidad / Humedad, que determina el nivel de compactación requerido por el suelo para cumplir con las normas; y el California Bearing Ratio (CBR), que evalúa la capacidad de soporte del suelo investigado para determinar si necesita ser estabilizado.

En su artículo en la revista JJC (2016, p. 10), se explica que el Método de Diseño de Marshall es un procedimiento que se lleva a cabo para obtener diversos parámetros para la mezcla asfáltica. Este enfoque permite comparar el diseño original con las medidas especificados en cada parámetro técnico del proyecto. La prueba determina el peso unitario de la mezcla mezclada, los huecos en ella, los de los agregados y la proporción de espacios vacíos llenados en el cemento

asfáltico. Estos criterios se detallan a continuación, con el propósito de evaluar la estabilidad y la deformación de la mezcla, es decir, su habilidad para resistir la deformación bajo carga.

Este diseño (MAC) es exclusivamente válido para mezclas asfálticas en caliente destinadas a pavimentación y que contengan agregados con un tamaño máximo de 25 mm (1") o inferior. Su propósito es establecer la cantidad óptima de asfalto para una composición de agregados específica.

Según Rondón Reyes (2018), Los pavimentos flexibles son una infraestructura vial compuesta por una capa de asfalto respaldada por capas de menor rigidez, como la base, subbase y afirmado, y en ciertos casos, la subrasante. Estos pavimentos se componen de materiales agregados y un ligante asfáltico, y se asientan sobre el terreno natural o la subrasante.

Este tipo de pavimento se caracteriza por tener una superficie compuesta por una capa de material bituminoso. Con el paso del tiempo, la calidad del asfalto tiende a debilitarse y el desgaste se acerca cada vez más a la subrasante. Por lo tanto, a veces los pavimentos flexibles no logran alcanzar la duración prevista durante la fase de diseño del proyecto.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación:

El proyecto será de naturaleza aplicada, tal como lo caracteriza José Lozada (2014), con el propósito de generar conocimientos que puedan ser utilizados directamente para enfrentar los retos que encara la sociedad o el sector productivo. Este tipo de estudio aprovecha los hallazgos de la investigación básica, particularmente en el campo tecnológico, para tratar problemas específicos y proporcionar soluciones a cuestiones particulares. En resumen, esta investigación se enfocará en resolver un problema identificado utilizando el conocimiento derivado de la investigación básica.

3.1.2. Diseño de investigación:

De acuerdo con Hernández (2010), Hay dos clasificaciones principales en el ámbito del diseño: aquellos que se consideran experimentales y aquellos que no siguen un enfoque experimental. Se empleará un diseño experimental, dado que proporciona un mayor control en la manipulación de las variables independientes y dependientes. Esta modalidad de diseño se enfoca en la evaluación de las potenciales razones (variable independiente) y en la evaluación del impacto que tienen sobre la variable dependiente. Se realizó con un enfoque cuantitativo y a nivel descriptivo, pues utilizaron mediciones numéricas que permitirán medir, explicar y calcular los resultados obtenidos a través del uso de estadísticas.

3.2. Variables y operacionalización:

Conforme a lo establecido por Ávila (2006, p.30), las variables se describen como los atributos o características que pueden tener diversos valores, tales como la altura, la edad, el cociente intelectual, la temperatura, el clima, entre otros.

3.2.1. Variable independiente: Diseño de Carpeta Asfáltica

Definición conceptual:

El objetivo de los diseños de mezcla es producir asfalto en caliente que exhiba un rendimiento sobresaliente para contrarrestar problemas como deformaciones permanentes, fatiga térmica y cargas, así como para brindar resistencia al deslizamiento (Acuario, 2016, p. 251).

Definición operacional:

Se llevarán a cabo análisis de ingeniería de suelos para la formulación de mezclas asfálticas, siguiendo los criterios establecidos por las normativas ASTM D 1559 y el Manual EG-2013. El objetivo es determinar las proporciones adecuadas y cumplir con los requisitos especificados en el manual, garantizando así un diseño válido y apto para su implementación.

Dimensiones

Se tuvieron dos dimensiones las cuales se muestran a continuación:

Estudio de mecánica de suelo (Propiedades físicas, resistencia y permeabilidad)

Criterios de diseño de Marshall ASTM D 1559.

3.2.2. Variable dependiente: Cal Hidratada**Definición conceptual:**

En lo que concierne a la cal, esta es conocida como Óxido de Calcio (CaO), este genera un incremento de resistencia al suelo. (Ministerio de Vivienda, 2006).

Definición operacional:

La cal hidratada es un compuesto que disminuye los efectos del envejecimiento en los pavimentos. Su finalidad es modificar las características y mejorar la resistencia al deterioro y la estabilidad de las mezclas asfálticas. Para estudiar la influencia de la cal hidratada, se considerarán diferentes porcentajes (1%, 2% y 3%) aplicados en el diseño de la mezcla, y se analizará su efecto en el comportamiento.

Dimensiones e indicadores

Las dimensiones para esta variable fue la proporción del porcentaje de Cal hidratada como estabilizador.

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

3.3.1. Población:

Bernal (2006, p.164) Indica que el concepto "población" se refiere al conjunto completo de elementos investigados en un estudio. Además, este término puede ser interpretado como la totalidad de las unidades de muestreo.

Para el caso de nuestro proyecto de investigación en cuestión, se ha decidido tomar muestras en la Provincia de Sullana. La muestra y selección específica de los materiales será seleccionada en una cantera de ancosa y puente santa cruz.

Es importante destacar que la elección de estas muestras específicas se realiza con el propósito de adquirir datos significativos y representativas de la población en cuestión, en este caso, el conjunto de elementos o unidades de muestreo relacionados con el mejoramiento del diseño de mezcla asfáltica para un pavimento flexible.

3.3.2. Muestra:

Reguera (2008, p.88) propone que una "muestra" es un subgrupo seleccionado de la población total. Si este conjunto de datos es representativo de manera adecuada, nos posibilita realizar deducciones sobre las propiedades de la totalidad de la población con un nivel de certeza específico.

En el contexto de este estudio, se seleccionó como muestra la formulación de una mezcla de asfalto caliente Esta mezcla se preparará incorporando cal hidratada en proporciones de 1.5%, 2.0% y 2.5%. Como resultado, se producirán 72 briquetas utilizando el método Marshall ASTM D 1559. La disposición de estos bloques se muestra en la Tabla N° 1.

Tabla 1

Cantidad de muestras elaboradas en laboratorio

ENSAYO	% de Cal	Cantidad de ensayo	Total
Ensayo Marshall ASTM D 1559	Diseño patrón	18 briquetas	72 briquetas
	Cal al 1.5%	18 briquetas	
	Cal al 2.0%	18 briquetas	
	Cal al 2.5%	18 briquetas	

Nota: Elaboración propia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnica:

Zapata (2005, p.187) señala que las técnicas experimentales, las encuestas y el análisis de contenido son las más utilizadas en las investigaciones metodológicas.

Para esta investigación en particular, se decidió utilizar el método de recopilación de datos mediante la observación directa de carácter experimental. Las pruebas se llevaron a cabo en laboratorios, donde se seleccionó, observó y anotó la conducta estructural de la mezcla asfáltica al incorporar cal en proporciones de 1.5%, 2.0% y 2.5%, siguiendo las directrices del manual de pruebas de materiales 2016 (MTC). Además, se contó con la supervisión de personal especializado en ensayos de laboratorio. Los ensayos realizados incluyeron:

- Análisis granulométrico de los agregados (ASTM C136 – AASHTO T27 – MTC E204)
- Equivalente de arena (ASTM D2419 – AASHTO T176 – MTC E114)
- Peso específico de la muestra (ASTM C128 – AASHTO T84 – MTC E205)
- Mezcla de agregados (MTC 2016)
- Diseño de mezcla (MTC 2016)
- Aplicación del diseño de mezcla (ASTM D6926)
- Ensayo de estabilidad y flujo Marshall (ASTM D6926)

3.4.2. Instrumento de recolección de datos:

Los dispositivos de recolección de datos son esenciales en cualquier investigación científica, ya que facilitan la medición precisa y confiable de las variables de interés.

En el caso de este estudio, se recurrió a equipos automatizados del laboratorio y fichas técnicas como herramientas que nos permiten la recolección de datos. Los equipos automatizados se encargaron de cuantificar y registrar los datos de cada muestra de ensayo, siguiendo las normativas del MTC y el manual de ensayos correspondiente.

Para esta investigación se utilizaron equipos esenciales que fueron los siguientes:

- Juego de mallas para tamizar
- Balanza de precisión
- Hoja de registro
- Probetas

- Horno
- Fiolas
- Equipo - Baño María
- Compactador automático de asfaltos
- Despegador de asfaltos
- Termómetro
- Máquina para ensayo Marshall
- Máquina universal

Ficha técnica N°1

3.4.3. Validez:

Según lo indicado por Hernández et. al (2014, p.205), la validez se puede entender como el nivel en el que un instrumento consigue evaluar de forma exacta la variable que se busca medir.

En este estudio, se utilizó la validación por medio de profesionales expertos en ingeniería que están en la capacidad de garantizar la precisión e integridad de las pruebas de mecánica de suelos. Esta validación de la recolección de datos implica la evaluación y aprobación de los expertos, en este caso ingenieros capacitados para determinar si la información recolectada se relaciona coherentemente con la investigación. Esta validación del instrumento permite su aplicación en diversas situaciones y asegura que se cuantifiquen adecuadamente las características de las variables del diseño.

3.4.4. Confiabilidad

La confiabilidad se relaciona con la habilidad de un instrumento para generar mediciones que sean precisas, estables y coherentes, las cuales

representen de manera fiel la realidad que se está evaluando. En términos más sencillos, se refiere a la precisión y consistencia de las mediciones en diversas circunstancias.

En el presente estudio, se han implementado medidas apropiadas para garantizar la fiabilidad de los resultados y reflejar de forma veraz la investigación. Para lograr esto, se exigió que los equipos utilizados en los ensayos posean un certificado de calibración adecuado del equipo automatizado del laboratorio, lo cual garantizará su óptimo funcionamiento y calidad.

Informe de pruebas de laboratorio.

Documentación de calibración de equipos.

3.5. Procedimientos

3.5.1. Reunión de coordinación con el personal calificado.

Se procedió a reunir con los ingenieros especializados en EMS quien nos tuvo a cargo con el seguimiento de nuestra investigación. El laboratorio que estuvo a cargo de nuestra guía fue CONSULTGEOPAV SAC ubicado en la Calle Arequipa #308 Bellavista de la provincia de Sullana – Piura.

3.5.2. Adquisición de los materiales y acopio de las muestras

Los componentes empleados en el estudio para crear la mezcla de asfalto fueron recolectados. Estos incluyen materiales finos y agregados gruesos, los cuales se obtuvieron de las canteras de Ancosa y Santa Cruz. por otro lado, la cal hidratada se obtuvo de la empresa DISTRIBUIDORA DE QUÍMICOS INDUSTRIALES S.A y por último el asfalto de REPSOL. de la Planta de LA REFINERIA LA PAMPILLA - LIMA, Asfalto Solido grado 60/70 PEN.

Recolección de muestras del área seleccionada

Para llevar a cabo el análisis geotécnico, se realizó la visita y acopio de los materiales y de los áridos provenientes de la cantera en Sojo (Ancosa y

Santa Cruz) con el fin de obtener una muestra representativa. Mediante la recolección de muestras, fue posible detectar posibles disparidades en el material presente y evaluar sus características físicas y mecánicas.

En esta instancia se tuvieron que ajustar correctamente los agregados extraídos de la cantera de Sojo, pues en un principio no cumplían con los estándares que exige la normativa para que el material sea el adecuado. Para ello se llegó a tomar muestras de la cantera Santa Cruz.

3.5.3. Trabajo en laboratorio

Análisis de las propiedades de los materiales pétreos

Las muestras recogidas fueron llevadas al laboratorio, donde se llevaron a cabo las pruebas correspondientes. Estos análisis incluyen lo siguiente:

- Análisis granulométrico de los agregados (ASTM C136 – AASHTO T27 – MTC E204)
- Equivalente de arena (ASTM D2419 – AASHTO T176 – MTC E114)
- Peso específico de la muestra. (ASTM C128 – AASHTO T84 – MTC E205)
- Mezcla de agregados. (MTC 2016)
- Diseño de mezcla. (MTC 2016)
- Aplicación del diseño de mezcla. (ASTM D6926)
- Ensayo de estabilidad y flujo Marshall. (ASTM D6926)

Estos ensayos se realizaron siguiendo el manual de ensayos de materiales para carreteras establecidos por el MTC y fueron realizados en el Laboratorio de Suelos.

3.5.4. Análisis de la dosificación de cal óptimo

Este informe detalla la aplicación de diferentes concentraciones de cal hidratada en un proyecto experimental, con la finalidad de optimizar los resultados. Se realizaron pruebas con concentraciones

de 1.5%, 2% y 2.5% de cal hidratada. De acuerdo con el Manual del MTC, se insta que el límite máximo aceptable de cal hidratada es del 7%. Este límite se establece para garantizar la obtención de una concentración óptima de cal hidratada en el diseño.

3.5.5. Procesamiento e interpretación de resultados para los ensayos.

En la fase final del proyecto, se llevó a cabo el procesamiento de los datos recopilados. Se documentaron meticulosamente Los protocolos y lineamientos que se implementaron durante el desarrollo del proyecto. También se presentaron las pruebas realizadas, proporcionándose tablas y gráficos para su interpretación. Utilizando estos elementos visuales, resulta factible comprender e interpretar los datos obtenidos en el estudio.

3.6. Método de análisis de datos

Los datos recabados en el estudio experimental, que incluyen las mediciones de las cualidades físicas y mecánicas de las composiciones bituminosas con y sin cal hidratada, han sido organizados meticulosamente. Este estudio contempló un diseño patrón (sin % de cal), y la aplicación de 1.5%, 2.0% y 2.5% de cal hidratada, lo que dio como resultado un conjunto de 72 briquetas para su análisis

Todos estos datos se han estructurado en una base de datos, donde cada muestra y las variables medidas están claramente identificadas. Posteriormente, se realizó una exploración de los datos con el fin de identificar posibles fallos o inconsistencias en la recopilación de datos o valores atípicos.

Para el tratamiento y evaluación de la información, se empleó el programa Excel, lo que facilitó la gestión óptima de los datos recabados en los estudios de suelos y en el ensayo Marshall. Gracias a este análisis, se obtuvieron resultados confiables que sirvieron de base para elaborar las conclusiones pertinentes del estudio.

Por eso a través de los resultados de las 16 muestras se obtuvo una solución al problema asfáltico en las formulaciones de mezcla utilizando los materiales

pétreos provenientes de la cantera y dar respuesta a nuestra hipótesis que se analizó en los datos obtenidos en el procedimiento.

3.7. Aspectos éticos

Esta investigación satisface los requisitos éticos establecidos por la institución educativa.

- Se han seguido las normas APA en cuanto a la atribución de las fuentes de información, de acuerdo al modelo de referencias exigido por la Universidad César Vallejo para esta tesis.
- Además, se han observado rigurosamente Se han considerado los valores esenciales de la bioética, que abarcan la promoción del bienestar, la prevención del daño, el respeto a la autonomía y la equidad. Además, se han tomado en cuenta los aspectos relevantes del código ético de investigación de la institución académica. Este compromiso con la ética garantiza que todas las actividades de investigación se realizan con integridad y respeto hacia los sujetos de estudio.

IV. RESULTADOS

En busca de dar respuesta a nuestro objetivo principal y específicos, se tomaron muestras de los agregados pétreos de la cantera de Sojo “Ancosa” y “Santa Cruz” ubicados en la provincia de Sullana.

Este estudio se realizó con el propósito de elaborar un diseño de mezcla asfáltica en caliente empleando Marshall y los agregados pétreos disponibles en la zona. Se efectuaron pruebas para evaluar las propiedades de los materiales empleados, en conformidad con las regulaciones pertinentes.

- ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales).
- Instructivo de Ensayos de Materiales para Carreteras (EM-2013) del Perú.
- Manual del Instituto del asfalto.

En esta investigación se procedió con el diseño incorporando cal hidratada mezclado en la mezcla asfáltica en caliente, mediante el método Marshall de la Norma ASTM-D-1559 y medir el aumento que esta adición genera y cotejarla con la mezcla asfáltica convencional (mezcla patrón).

Los dos elementos fundamentales dentro de una mezcla de asfalto caliente posee asfalto y áridos pétreos, estos últimos siendo materiales de origen natural. La importancia en los agregados en la mezcla asfáltica se logra apreciar 90 y el 95% del peso total, así como entre el 75 y el 85% de la capacidad total. La fiabilidad de la mezcla asfáltica se encuentra intrínsecamente relacionada con la calidad tanto del agregado como el asfalto, y la resistencia de la capa asfáltica se atribuye principalmente a las propiedades de los agregados.

Figura 2

Foto de la Cantera en Sojo – Sullana.



Nota: Elaboración Propia.

Se confeccionaron un total de 72 muestras de briquetas distribuidas en diversos porcentajes de cal hidratada, que abarcaron valores de 1.5%, 2% y 2.5%. Para llevar a cabo la formulación de la combinación asfáltica a baja temperatura, resulta fundamental adquirir un conocimiento inicial de las características físicas de los materiales pétreos que se emplearán en dicho patrón. En este sentido, se inició el proceso del ensayo de análisis granulométrico por tamizado.

Con el fin de analizar las propiedades físicas y mecánicas de los agregados, se aplicaron los métodos de ensayo estipulados en las normativas MTC-2013 y ASTM D-3515.

La metodología empleada en la conducción de la investigación comenzó con la caracterización de los materiales, específicamente arenas y gravas. En este contexto, se emplearon tres tipos diferentes de materiales.

- Agregado grueso de tamaños ½" de la cantera Sojo (Ancosa).
- Arena Triturada de 1/4" de la cantera Sojo (Ancosa).
- Arena fina de 3/8 pulgadas cribada de la Cantera Santa Cruz, proveniente del río Chira.

Se realizaron conforme a las normativas MTC E 107, E 204 - ASTM D 422 - AASHTO T-11, T-27 Y T-88.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO.

Se toma una muestra de agregado seco con una masa preestablecida y se lleva a cabo el paso de segregación mediante una secuencia de tamices con aberturas gradualmente más reducidas. Este procedimiento tiene como finalidad determinar la dispersión de las dimensiones de las partículas. Los datos obtenidos se emplean para verificar el grado de conformidad de la distribución de las dimensiones de las partículas con las exigencias establecidas y ofrecer la información clave para la supervisión de la producción de agregados y las mezclas que los contienen.

Tabla 2

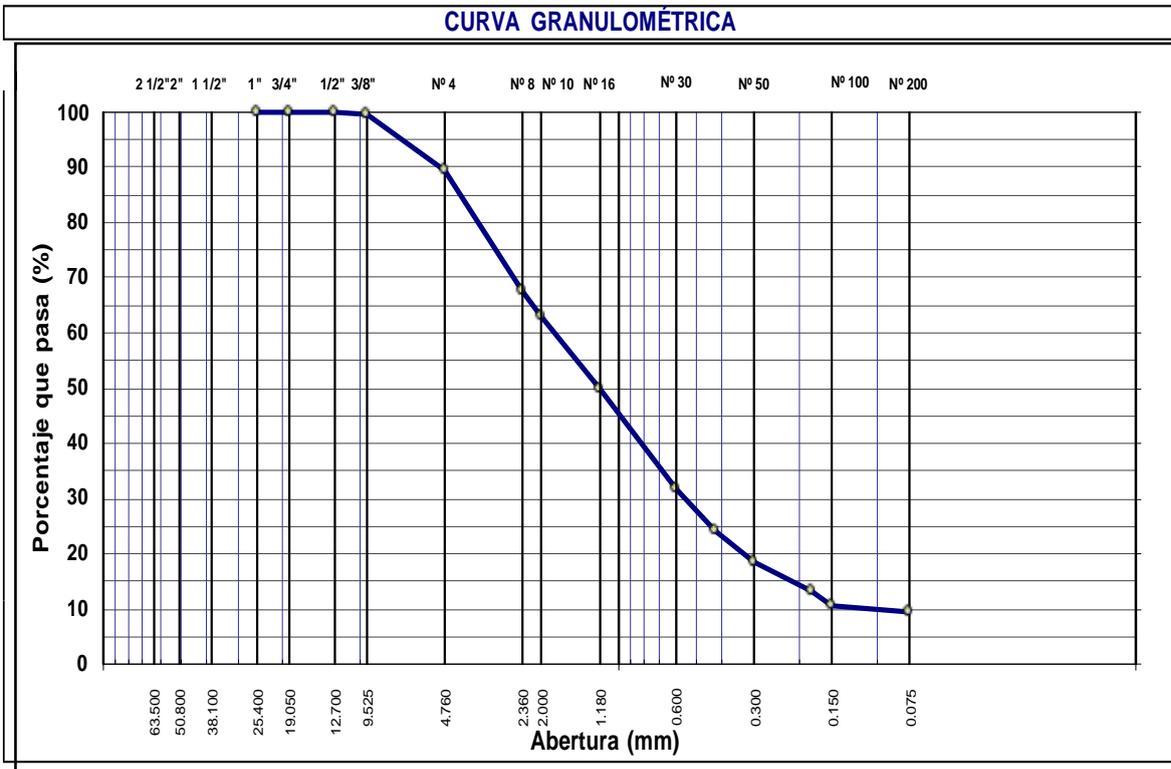
Tabla Granulométrica-Grava Chancada de 3/4"

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA
1"	25.400				100.0
3/4"	19.050		0.0	0.0	100.0
1/2"	12.700	2012.0	27.5	27.5	72.5
3/8"	9.525	1,822.0	24.9	52.4	47.6
# 4	4.760	3453.0	47.2	99.6	0.4
# 8	2.360	21.0	0.3	99.9	0.1
# 10	2.000		0.0	99.9	0.1
# 16	1.180	10.0	0.1	100.0	0.0
TOTAL			7,318.0		

Nota: Elaboración Propia.

Figura 3

Curva Granulométrica agregado grueso



Nota: Elaboración perteneciente.

Interpretación: Como se visualiza en la tabla se obtuvo un diámetro máximo de $\frac{3}{4}$ pulgada y un tamaño máximo nominal de $\frac{1}{2}$ pulgada, así mismo se consta que el diámetro de tamiz que mayor pasa es de $\frac{1}{2}$ pulgada.

Tabla 3

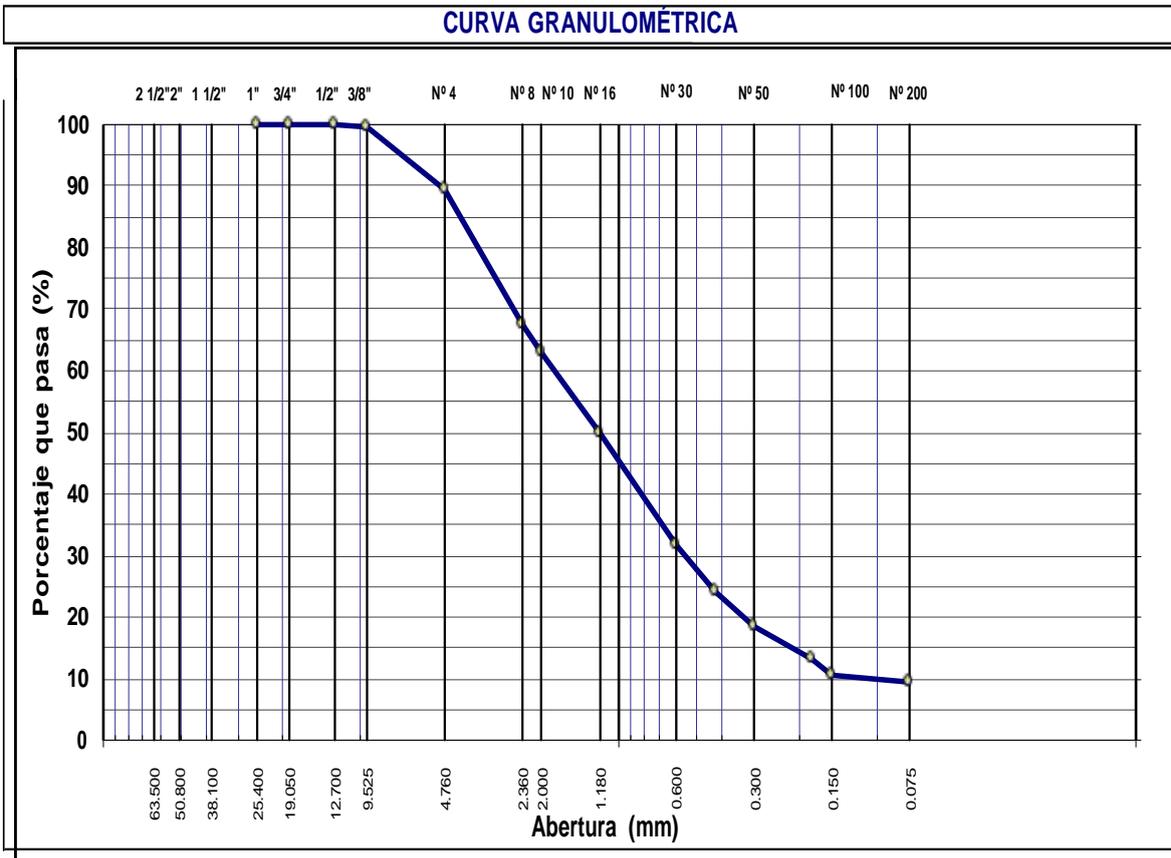
Tabla Granulométrica-Arena Chancada de 1/4"

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA
1/2"	12.700				100.0
3/8"	9.525	2.5	0.4	0.4	99.6
# 4	4.760	63.4	10.0	10.4	89.6
# 8	2.360	140.4	22.2	32.6	67.4
# 10	2.000	26.5	4.2	36.8	63.2
# 16	1.180	85.4	13.5	50.3	49.7
# 30	0.600	114.5	18.1	68.4	31.6
# 40	0.425	46.3	7.3	75.8	24.2
# 50	0.300	35.3	5.6	81.3	18.7
# 80	0.180	33.5	5.3	86.6	13.4
# 100	0.150	16.6	2.6	89.3	10.7
# 200	0.075	7.9	1.3	90.5	9.5
< # 200	FONDO	60.0	9.5	100.0	0.0
FINO		629.8			
TOTAL		632.3			

Nota: Elaboración Propia.

Figura 4

Curva Granulométrica de arena chancada de 1/4"



Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Como se puede observar en el siguiente grafico se obtuvo un diámetro 1/2 pulgada como máximo y 3/8 pulgada de tamaño nominal, así mismo se consta que el diámetro de tamiz que mayor retiene es el de la malla #8 reteniendo 140.4 gr.

Tabla 4

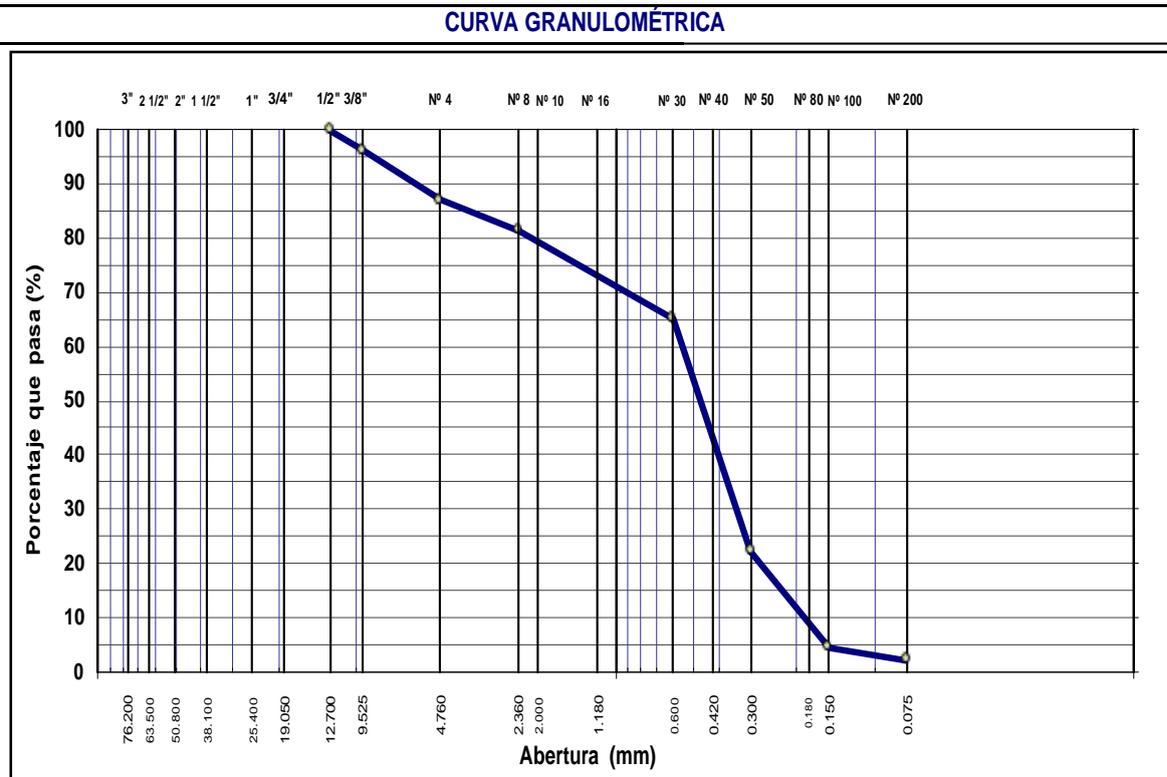
Tabla Granulométrica-Arena Zarandeada de 3/8"

TAMIZ	ABERT. mm.	PESO RET.	%RET. PARC.	%RET. AC.	% Q' PASA
1/2"	12.700				
3/8"	9.525	35.1	3.7	3.7	96.3
# 4	4.760	88.7	9.3	12.9	87.1
# 8	2.360	54.6	5.7	18.7	81.4
# 10	2.000	0.0	0.0	18.7	81.4
# 16	1.180	38.4	4.0	22.7	77.3
# 30	0.600	115.7	12.1	34.8	65.2
# 40	0.420	215.7	22.6	57.3	42.7
# 50	0.300	194.6	20.3	77.7	22.3
# 80	0.180	155.4	16.2	93.9	6.1
# 100	0.150	15.1	1.6	95.5	4.5
# 200	0.075	22.5	2.4	97.8	2.2
< # 200	FONDO	20.7	2.2	100.0	0.0
FINO		921.4			
TOTAL		956.5			

Nota: Elaboración Propia.

Figura 5

Curva Granulométrica de arena zarandeada de 3/8"



Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Como se puede observar en el siguiente gráfico se obtuvo 1/2 pulgada de diámetro máximo y 3/8 pulgada de tamaño extremo nominal, así mismo se constata que el diámetro de tamiz que mayor retiene es el de la malla #40 reteniendo 215.7gr.

Posterior a ello con los datos obtenidos en los ensayos a los agregados, se realizó la combinación teórica para el diseño patrón el cual posteriormente se realizó la comparación en función de los distintos porcentajes que se agregaron a la mezcla asfáltica en este caso 1.5 %,2 %,2.5%.

La textura deseada en la superficie final del pavimento desempeña un papel fundamental en determinar la graduación apropiada del agregado en la mezcla asfáltica destinada a pavimentación. En líneas generales, aproximadamente el 90 al 95% del peso total de la mezcla pavimentadora está constituido por agregado, subrayando la importancia crucial de la calidad de este componente en el rendimiento de un pavimento asfáltico flexible. Aunque la calidad del material es un criterio esencial en la elección del agregado durante el diseño del pavimento, otros factores, como el costo y la disponibilidad del agregado, también deben tenerse en cuenta. No obstante, incluso cuando un agregado cumple con los requisitos de costo y disponibilidad, debe poseer propiedades específicas para ser considerado idóneo en la creación de un pavimento asfáltico de alta calidad.

Tabla 5

Combinación Teórica

DATOS DE LA MUESTRA		
MATERIAL	DOSIFICACIÓN	OBSERVACIONES
1. Grava Chancada ¾” Sojo	35.0%	
2. Arena Chancada ¼” Sojo	50.0%	
3. Arena Santa Cruz ¼”	15.0%	
4. Cemento Tipo I (Filer)	0.0%	
Total	100.0%	

Nota: *Elaboración Propia.*

Tabla 6

Combinación Teórica Dosificación

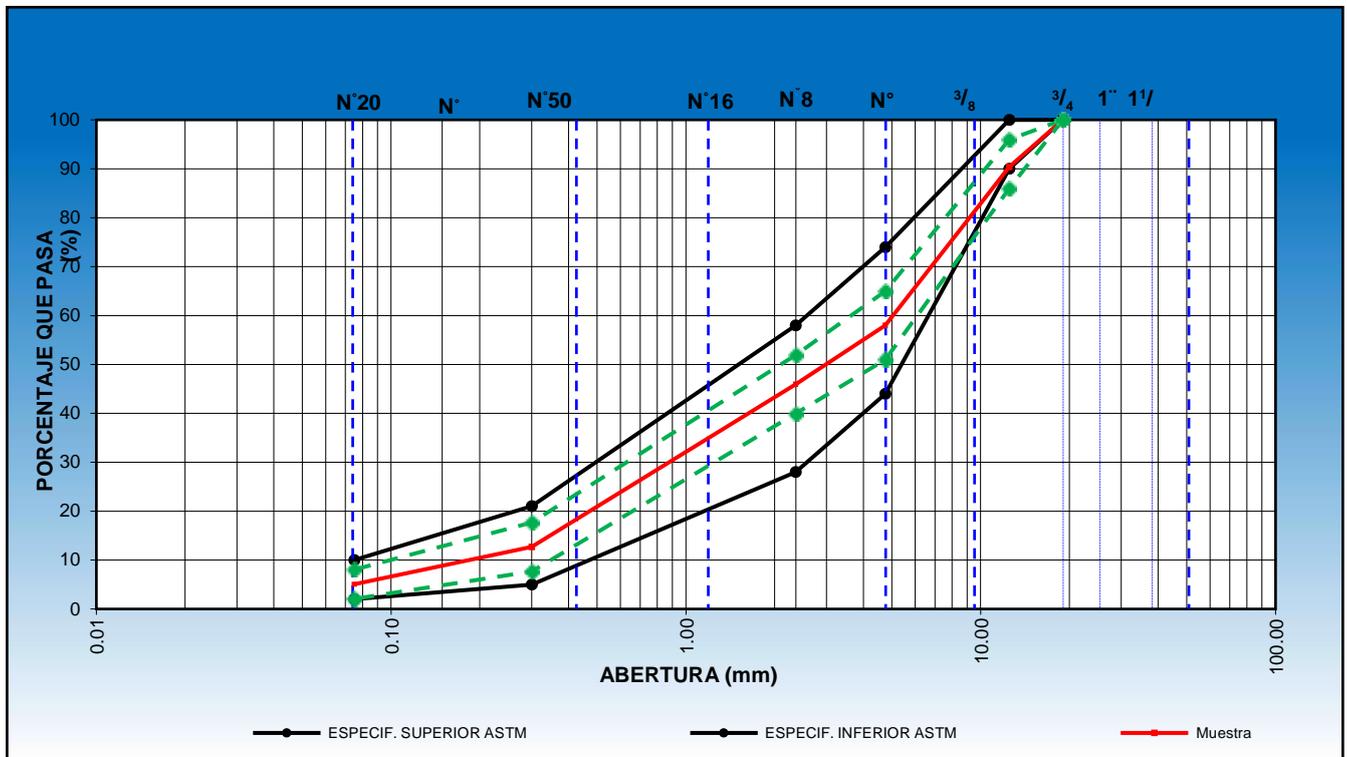
TAMIZ	ABERT. mm.	% RETENIDO PARCIAL				Promedio % Que Pasa	ESPECIFICACIÓN		FORMULA DE TRABAJO SEGÚN ESPECIFICACIÓN		DESCRIPCION
		1. Grava Chancada 3/4"	2. Arena Chancada	3. Arena Zarandeada	4. Cemento						
1 1/2 "	38.100						ASTM 3515 (D-5)		ASTM 3515		Tamaño maximo : 3/4 "
1"	25.400						Minima	Maxima	Minima	Maxima	Tamaño Nominal : 1/2 "
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100	100	100.0	100.0	
1/2 "	12.500	72.5	100.0	100.0	100.0	90.4	90	100	86.0	96.0	Composicion de Agregados :
3/8 "	9.500	47.6	100.0	96.3	100.0	81.1					Grava : 42.0 %
1/4 "	6.350										Arena : 52.9 %
Nº 4	4.750	0.4	89.6	87.1	100.0	58.0	44	74	51.0	65.0	Finos : 5.1 %
Nº 8	2.360	0.1	67.4	81.4	100.0	45.9	28	58	39.9	51.9	
Nº 10	2.000	0.1	63.2	81.4	100.0	43.8					
Nº 16	1.190	0.0	49.7	77.3	100.0	36.4					
Nº 30	0.600	0.0	31.6	65.2	100.0	25.6					
Nº 40	0.425	0.0	24.2	42.7	100.0	18.5					
Nº 50	0.300	0.0	18.7	22.3	100.0	12.7	5	21	7.7	17.7	
Nº 80	0.297	0.0	13.4	6.1	99.5	7.6					
Nº 100	0.150	0.0	10.7	4.5	98.6	6.0					
Nº 200	0.075	0.0	9.5	2.2	97.4	5.1	2	10	2.1	8.1	
< N° 200		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0					

Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: posteriormente de haber efectuado el correspondiente analisis de granulometría de los agregados y de acuerdo a la tabla 6, se puede concluir que la combinación teórica de la dosificación de nuestro diseño es en 35% de Grava, 50% de arena y 15% de finos.

Figura 6

Curva Granulométrica de Combinación de Mezclas

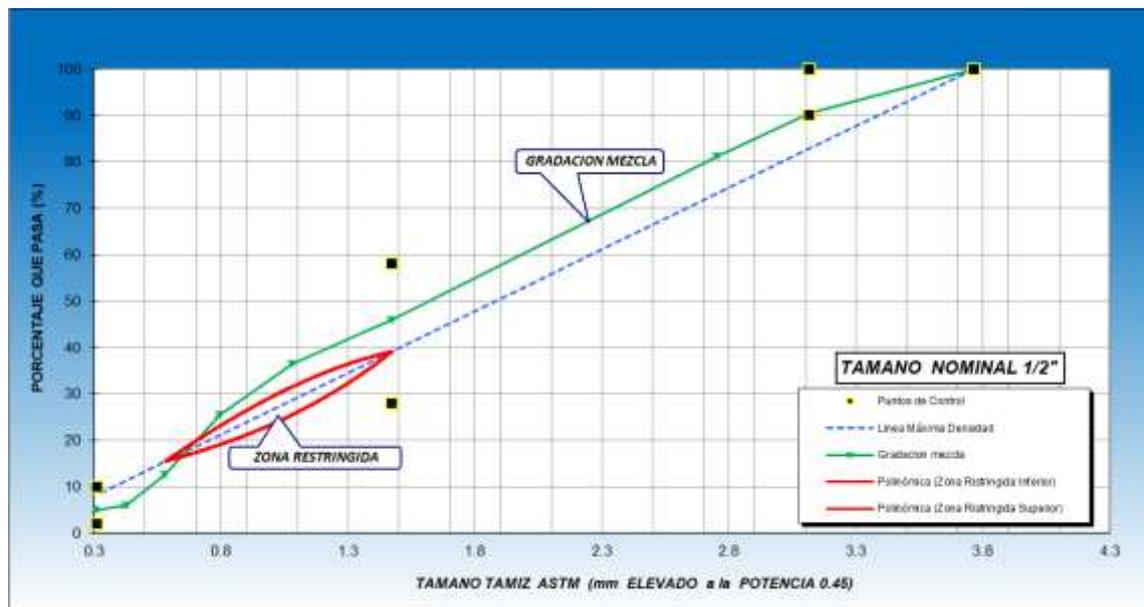


Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: como se ilustra en la Figura 6, se genera la curva granulométrica. Esta curva se ajusta a los límites granulométricos establecidos por las especificaciones de gradación ASTM D-3515 y MAC-2 del MTC-PERÚ. La curva debe ser continua, sin inflexiones apreciables y presentar concavidad hacia arriba, de acuerdo con los estándares mencionados. En su lugar, se pueden emplear los grados de asfalto, tal como se definen en ASTM D 3515 y el Asphalt Institute. La curva de granulación de agregados debe ubicarse dentro de los puntos de control. La curva no debe colocarse por encima de la región restrictiva ya que violará las especificaciones. Esto es particularmente importante. Esto es particularmente importante aquí. La curva granulométrica del agregado en la FIGURA 6 se encuentra dentro de los puntos de control de Superpave y fuera de la zona restrictiva.

Figura 7

Requerimientos de Suparpave para Granulometría



Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Estos materiales han sido previamente evaluados y calificados como adecuados. Los agregados utilizados en este diseño provienen de los depósitos de materiales triturados situados en la planta asfáltica de la empresa ANCOSA así como el agregado fino tamizado proveniente de la cantera santa cruz . Las granulometrías específicas de los agregados gruesos, medianos y finos se encuentran detalladas en las hojas adjuntas. Después de llevar a cabo los cálculos iniciales, se ha obtenido una mezcla de agregados con las siguientes proporciones:

Agregado grueso $\frac{3}{4}$ " = 35% (Cantera Sojo)

Agregado Arena triturada $\frac{3}{8}$ " =50%. (Cantera Sojo)

Arena Zarandeada = 15% (Cantera Santa Cruz)

Utilizando los porcentajes de las tres fracciones mencionadas en la Tabla 5 y siguiendo las pautas correspondientes al tamaño máximo nominal de la combinación de agregados, que es de $\frac{3}{4}$ pulgada, la especificación granulométrica se ajusta a la gradación MAC-2 para dicho tamaño máximo nominal, según se observa en la figura 7.

Figura 8

Tamaño máximo nominal

TAMICES	Porcentaje que Pasa		
	MAC - 1	MAC - 2	MAC - 3
2.54mm--1"	100		
19.0mm--3/4"	80--100	100	
12.5mm--1/2"	67--85	80--100	
9.5mm--3/8"	60--77	70--88	100
4.75mm--N°4	43--54	51--68	68--87
2.00mm--N°10	29--45	38--52	43--61
425um--40	14--25	17--28	16--29
180um--80	8--17	8--17	9--19
75um--200	4--8	4--8	5--10

Nota: *Elaboración Propia.*

En la FIGURA 8 y la tabla 7 se grafica el cumplimiento de la granulometría seleccionada, con la gradación del MTC. (MAC – 2).

Tabla 7

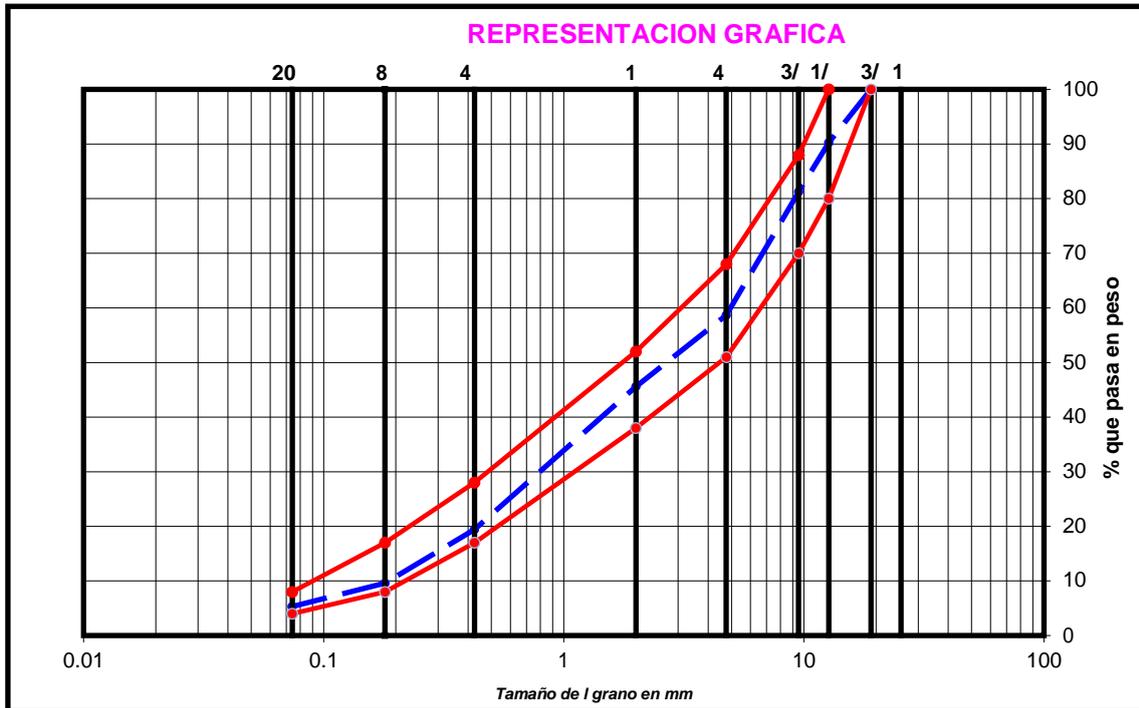
Diseño Patrón MAC-02 C.A 5.5 %

DISEÑO PATRON MAC-02 C.A. 5.5 %												
ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO		
TAMIZ		3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	<Nº200	Peso Mat.	gr.
ASTM											S/Lavar	
ABERTURA EN		19.050	12.700	9.525	4.760	2.000	0.425	0.18	0.074		Peso Mat.	gr.
mm											Lavado	
PESO RETENIDO	gr.		1955	1800	4512	168	336	126	55.0	68.3	Peso Mat.	gr.
											Lav.+Filtro	
RETENIDO	%		9.8	9.0	22.6	13.1	26.2	9.8	4.3	5.3	Peso de Asfalto	gr.
PARCIAL												
RETENIDO	%		9.8	18.8	41.3	54.4	80.6	90.4	94.7	100.0	Peso inicial de Filtro	gr.
ACUMULADO												
PASA	%	100.0	90.2	81.2	58.7	45.6	19.4	9.6	5.3		Peso final de Filtro	gr.
ESPECIFICACION	%	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8		Peso de Filler	gr. 8.4087
ASFALTO											FRACCION	% 753.3
LIQUIDO												
TRAMO											PESO TOTAL	gr. 20000
ASFALTADO												

Nota: Elaboración Propia.

Figura 9

Representación gráfica.



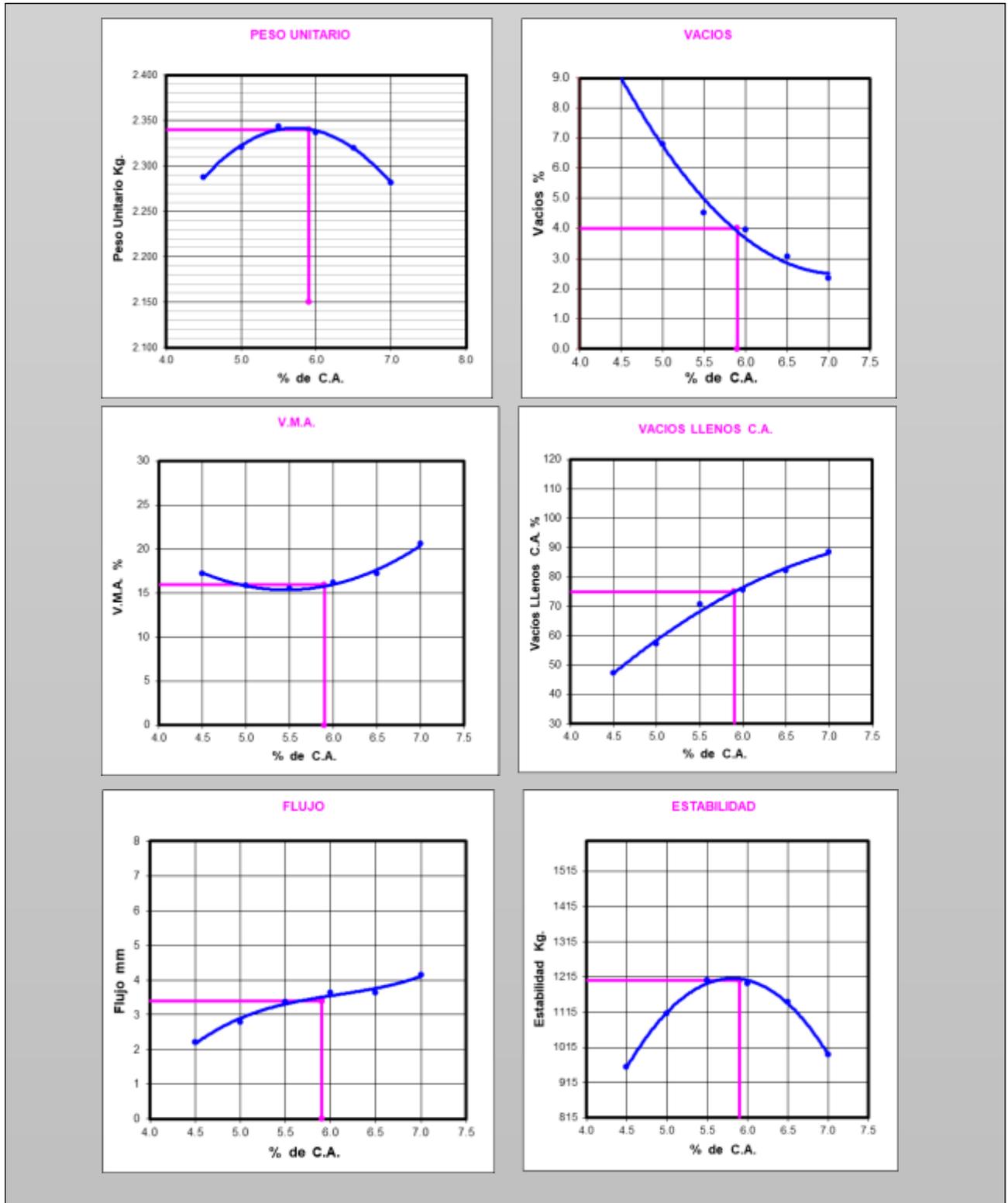
Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Como se puede observar en la tabla 7 las proporciones que se han trabajado si están cumpliendo con las especificaciones de % de gradación del MTC. (MAC – 2). Por ende este diseño se trabajó con este diseño de tamaño máximo nominal de $\frac{3}{4}$ " del agregado.

Objetivo N°1: Identificar las propiedades físicas que se obtienen al aplicar cal hidratada en las mezclas asfálticas.

Figura 10

Determinación del contenido óptimo de asfáltica (sin cal).



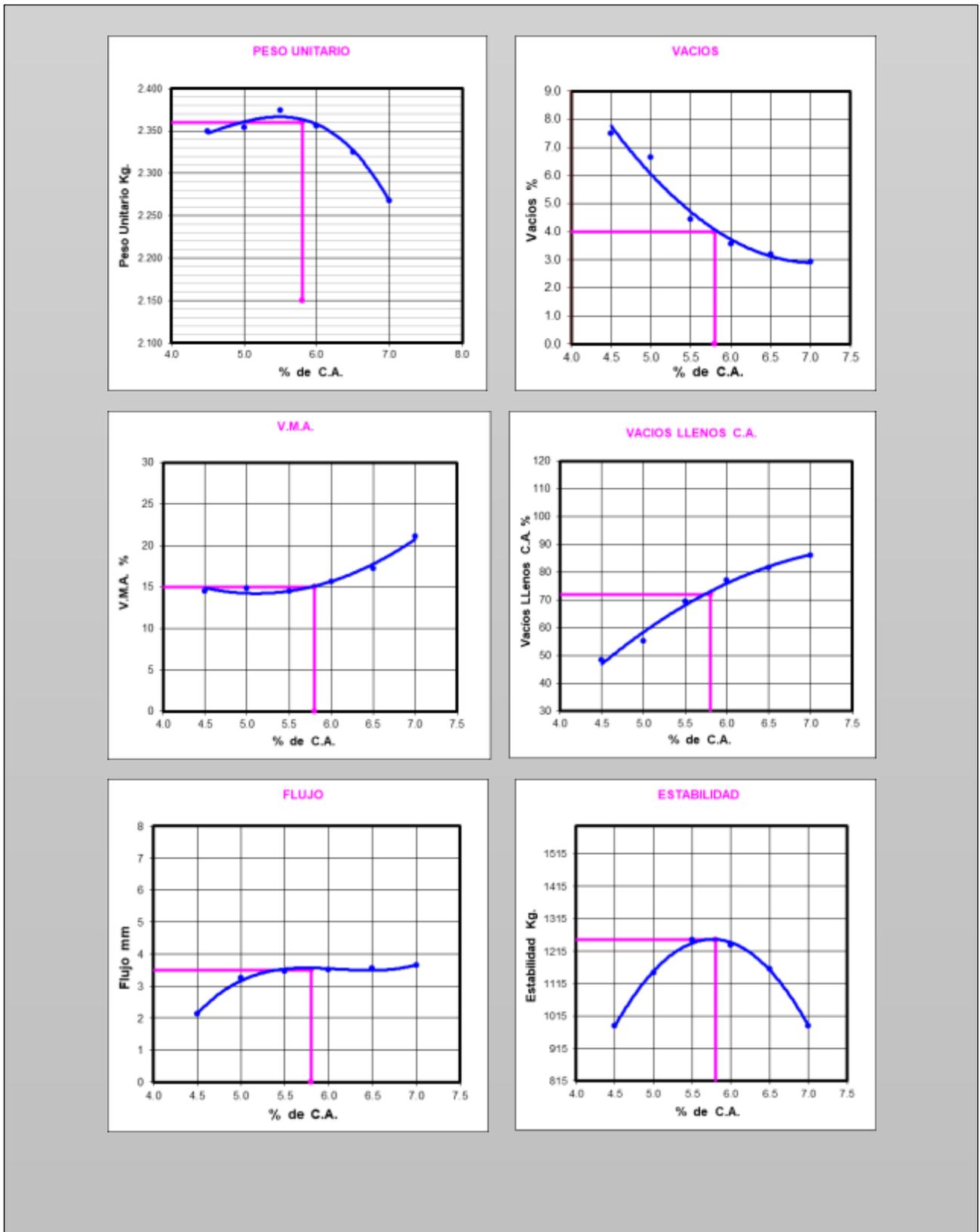
RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño Patrón)				
	-0.30%	OPTIMO % C.A.	0.30%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO		75		75
CEMENTO ASFALTICO		5.90		(+/- 0.3%)
PESO UNITARIO		2.340		
VACIOS		4.0		3 - 5
V.M.A.		16.0		Min 14
VACIOS LLENOS CON C.A.		75.0		
FLUJO		3.40		2 - 4.0
ESTABILIDAD		1205		Min. 815
ESTABILIDAD / FLUJO		3544		1700 - 4000
INDICE DE COMPACTIBILIDAD		6.5		Min. 5
ESTABILIDAD RETENIDA		81.1		Mín. 75
Finos / Ligante		1.00		0.6 - 1.3
DOSIFICACION				
Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA "		35.0	%	
Arena triturada" Cantera " ANCOSA "		50.0	%	
Arena Zarandeada 3/16" Cantera " PTE LOS SERRANOS "		15.0	%	
Relleno mineral FILLER (Cemento Portland)		0.0	%	
Aditivo Mejorador - RICOT Z 3000		0.0	%	
Cemento Asfáltico de PEN 60/70		5.90	%	

Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Según los gráficos obtenidos se puede observar que el porcentaje ideal de cemento asfáltico para nuestro diseño patrón es del 6.9% CA, cumple también con los parámetros según nuestras especificaciones de la normativa MTC. El porcentaje de vacíos se ha considerado constante para todos nuestros diseños (4%).

Figura 11

Determinación del contenido óptimo de asfáltica (cal=1.5%)



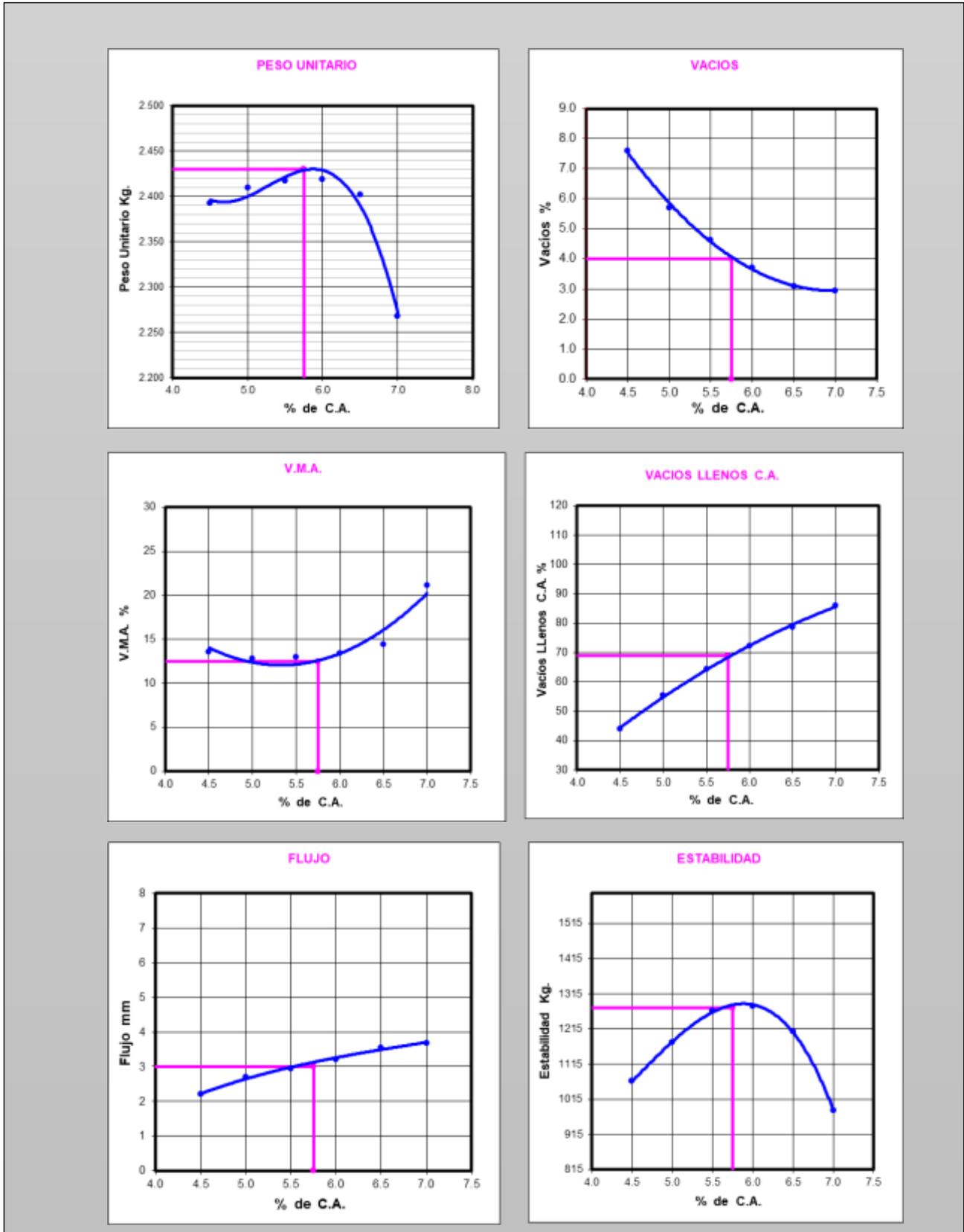
RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño cal = 1,5 %)				
	-0.30%	OPTIMO % C.A.	0.30%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO		75		75
CEMENTO ASFALTICO		5.80		(+/- 0.3%)
PESO UNITARIO		2.360		
VACIOS		4.0		3 - 5
V.M.A.		15.0		Min 14
VACIOS LLENOS CON C.A.		72.0		
FLUJO		3.50		2 - 4.0
ESTABILIDAD		1250		Min. 815
ESTABILIDAD / FLUJO		3571		1700 - 4000
INDICE DE COMPACTIBILIDAD				
ESTABILIDAD RETENIDA				
Finos / Ligante		1.00		
DOSIFICACION				
Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA "		35.0	%	
Arena triturada" Cantera " ANCOSA "		50.0	%	
Arena Zarandeada 3/16" Cantera " Santa Cruz "		13.5	%	
Relleno mineral FILLER (Cal Hidratada)		1.5	%	
Cemento Asfáltico de PEN 60/70		5.80	%	

Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Según la imagen 11 se visualiza que la proporción adecuada de cemento asfáltico para nuestro diseño de mezcla adicionando 1.5% de Cal es de 5.80% CA, cumpliendo con los parámetros según nuestras especificaciones de la normativa MTC. Presenta un flujo de 3.50, estando dentro de los parámetros entre 2 – 4 según las especificaciones.

Figura 12

Determinación del contenido óptimo de asfalto (con cal al 2.0%)



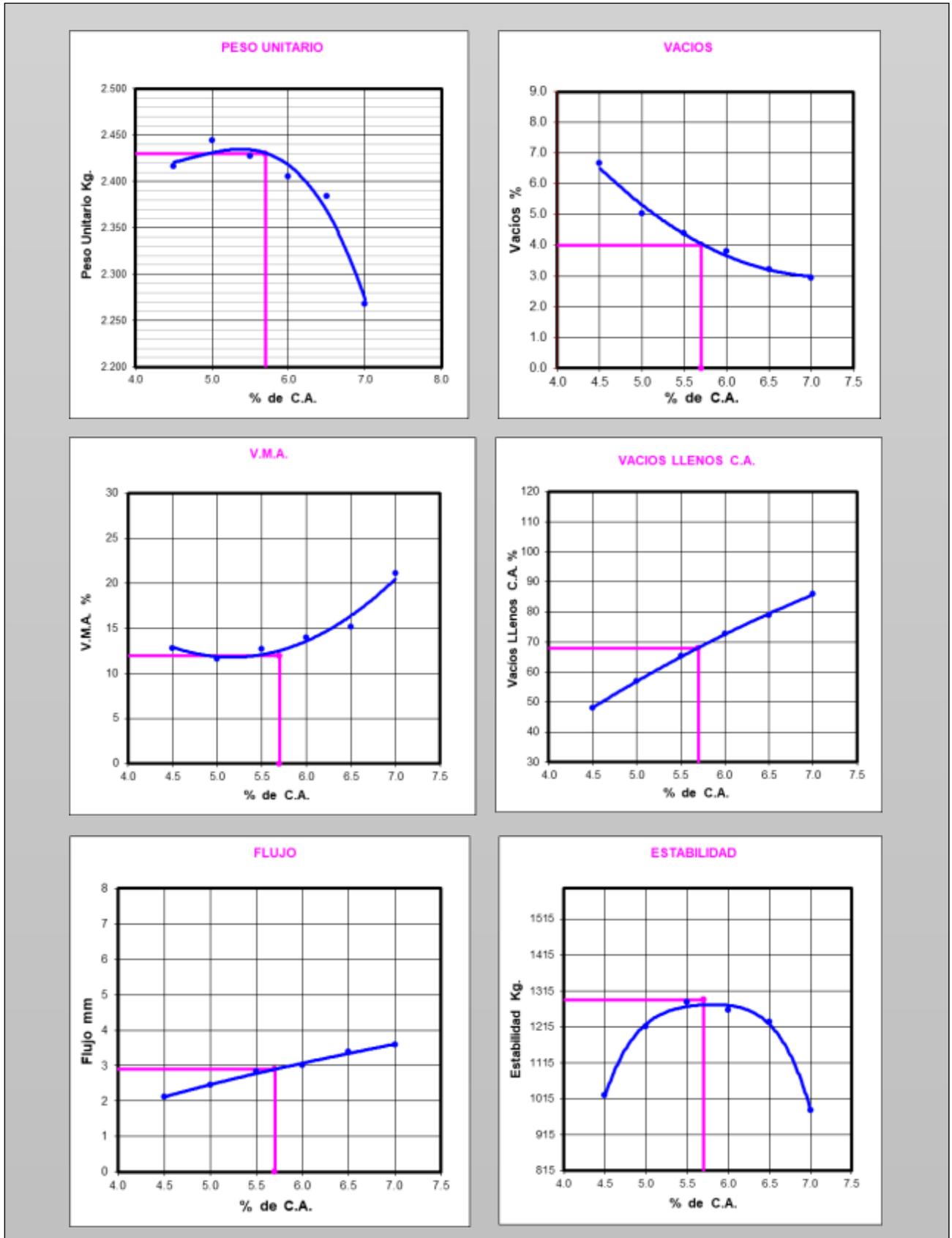
RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño cal = 2,0 %)				
	-0.30%	OPTIMO % C.A.	0.30%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO		75		75
CEMENTO ASFALTICO		5.75		(+/- 0.3%)
PESO UNITARIO		2.430		
VACIOS		4.0		3 - 5
V.M.A.		12.5		Min 14
VACIOS LLENOS CON C.A.		69.0		
FLUJO		3.00		2 - 4.0
ESTABILIDAD		1275		Min. 815
ESTABILIDAD / FLUJO		4250		1700 - 4000
INDICE DE COMPACTIBILIDAD				
ESTABILIDAD RETENIDA				
Finos / Ligante				
DOSIFICACION				
Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA "	35.0	%		
Arena triturada" Cantera " ANCOSA "	50.0	%		
Arena Zarandeada 3/16" Cantera " Santa Cruz "	13.0	%		
Relleno mineral FILLER (Cemento Portland)	2.0	%		
Cemento Asfáltico de PEN 60/70	5.75	%		

Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Según la imagen 12 se visualiza que la proporción ideal de cemento asfáltico para nuestro diseño de mezcla adicionando 2.0% de Cal es de 5.75% CA, cumpliendo con los parámetros según nuestras especificaciones de la normativa MTC. Presenta un flujo de 3.00, estando dentro de los parámetros entre 2 – 4 según las especificaciones. La relación Estabilidad/Flujo está sobrepasando los límites de seguridad en un 250 de su máximo.

Figura 13

Determinación del contenido óptimo de asfalto (con cal al 2.5%)



RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño cal = 2,5 %)				
	-0.30%	OPTIMO % C.A.	0.30%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO		75		75
CEMENTO ASFALTICO		5.70		(+/- 0.3%)
PESO UNITARIO		2.430		
VACIOS		4.0		3 - 5
V.M.A.		12.0		Min 14
VACIOS LLENOS CON C.A.		68.0		
FLUJO		2.90		2 - 4.0
ESTABILIDAD		1290		Min. 815
ESTABILIDAD / FLUJO		4448		1700 - 4000
INDICE DE COMPACTIBILIDAD				
ESTABILIDAD RETENIDA				
Finos / Ligante		1.00		
DOSIFICACION				
Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA "		35.0	%	
Arena triturada" Cantera " ANCOSA "		50.0	%	
Arena Zarandeada 3/16" Cantera " Santa Cruz "		12.5	%	
Relleno mineral FILLER (Cal Hidratada)		2.5	%	
Cemento Asfáltico de PEN 60/70		5.70	%	

Nota: Elaboración Propia.

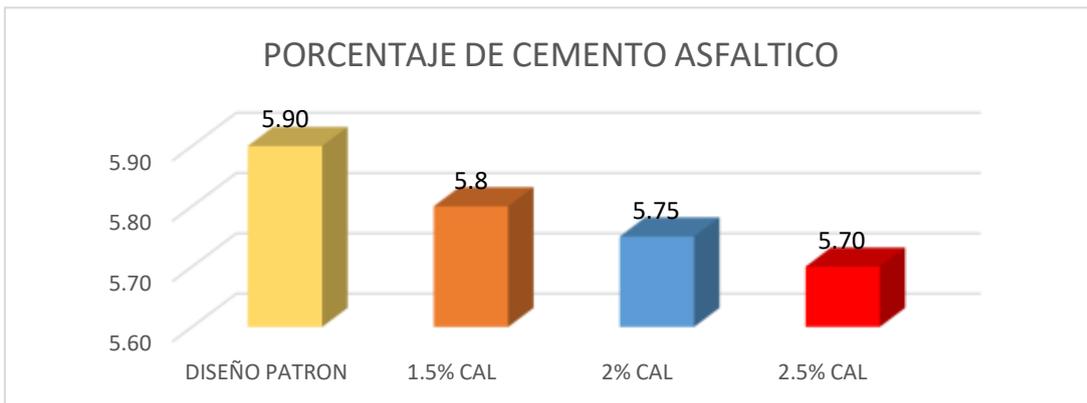
Interpretación: Según la figura 13 se visualiza que la proporción ideal de cemento asfáltico para nuestro diseño de mezcla adicionando 2.5% de Cal es de 5.70% CA, cumpliendo con los parámetros según nuestras especificaciones de la normativa MTC EG – 2013. Presenta un flujo de 3.00, estando dentro de los parámetros entre 2 – 4 según las especificaciones. La relación Estabilidad/Flujo está sobrepasando los límites de seguridad en un 352 de su máximo.

Temperatura de mezclado y compactado.

La temperatura de mezclado fue de $155^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y la temperatura de compactado es de $140^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Figura 14

Comparación estadística de las propiedades físicas %C. A

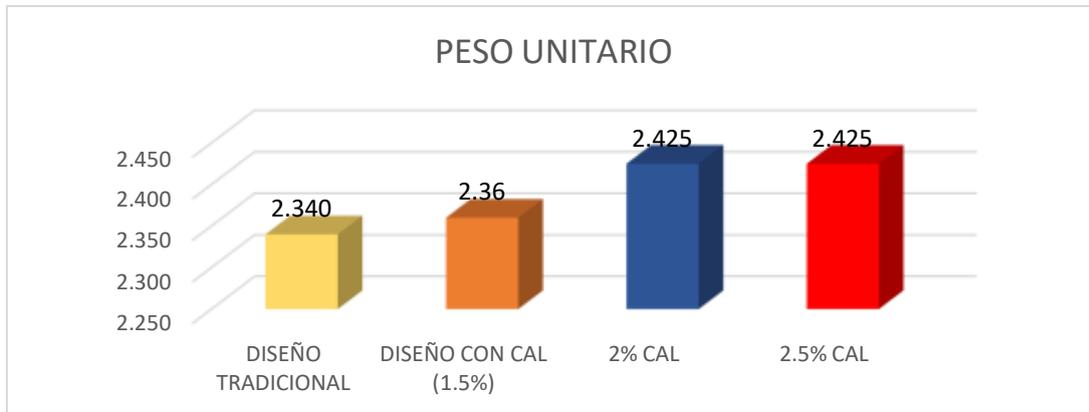


Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Para el diseño con 1.5% de cal, se obtuvo una proporción de cemento asfáltico de 5.80%; para el 2% de cal, tiene una proporción de cemento asfáltico de 5.75%. y para el 2.5% de cal, 5.70%. de C.A. Estos datos van en relación a la proporción al aumento de cal hidratada en relación a la calidad, la proporción de cemento asfáltico va disminuyendo.

Figura 15

Comparación estadística de las propiedades físicas P. unitario

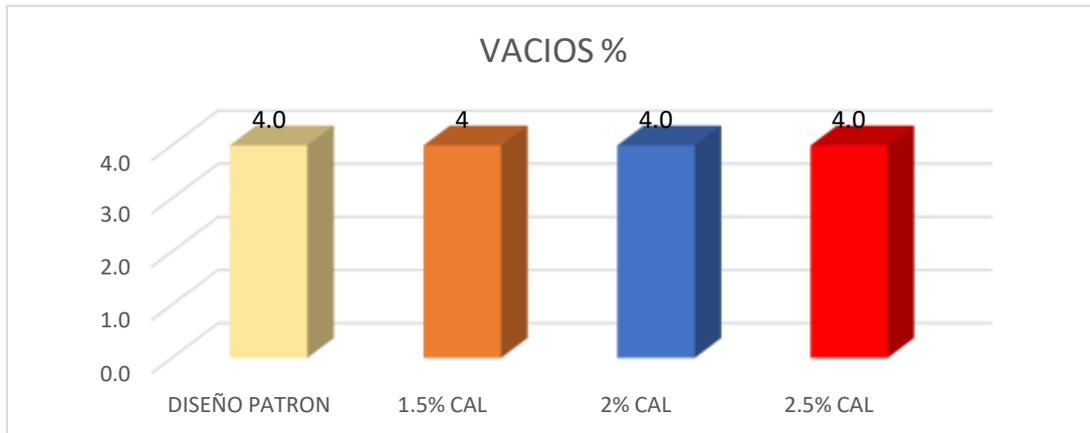


Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Con el aumento de la proporción de la cal hidratada a, su peso unitario va en aumento en un 5.5 %.

Figura 16

Comparación estadística de las propiedades físicas %Vacíos.

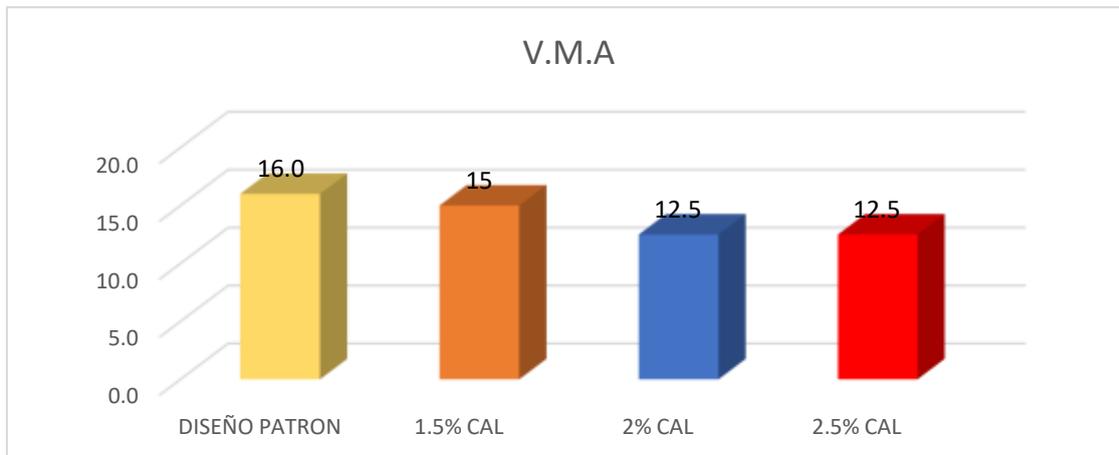


Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Según las especificaciones el porcentaje de vacios debe oscilar entre 3 – 5%, para efectos de seguridad del diseño se mantienen constantemente en un 4%.

Figura 17

Comparación estadística de las propiedades físicas %V.M.A.

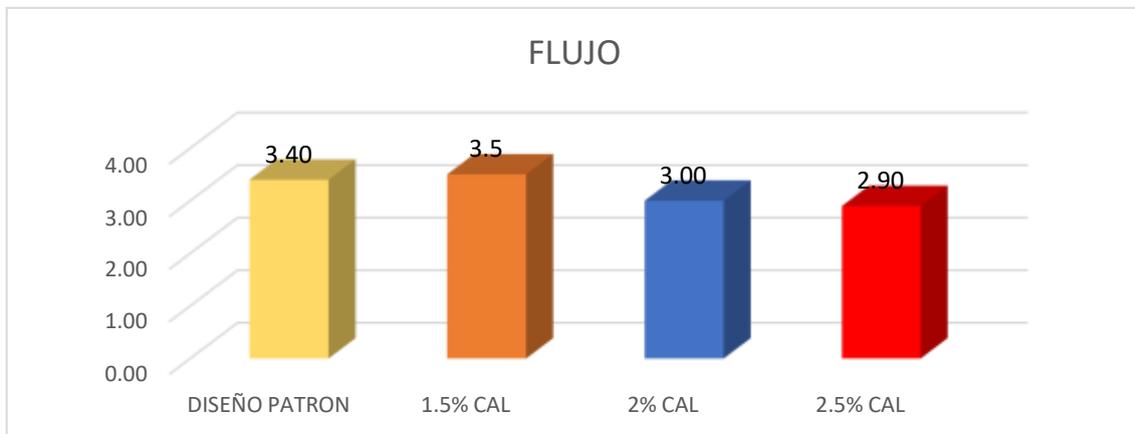


Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Al adicionar porcentajes de cal los VMA decrecen y al incrementar la Cal en 2.0 % y 2.5% no cumplen con el mínimo de 14 que estipula las normas.

Figura 18

Comparación estadística de las propiedades físicas Flujo (mm)

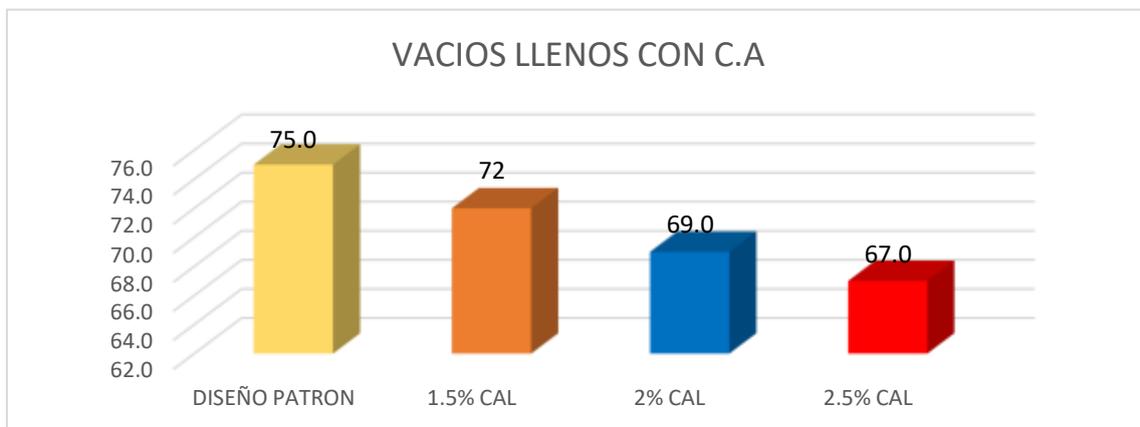


Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: El flujo aumenta en un 3.5 al añadir 1.5 % de cal a diferencia del diseño patrón, pero decrece al añadir el 2.0 % y 2.5 % en un 3 y 2.90 respectivamente.

Figura 19

Comparación estadística de las propiedades físicas %Vacíos Llenos

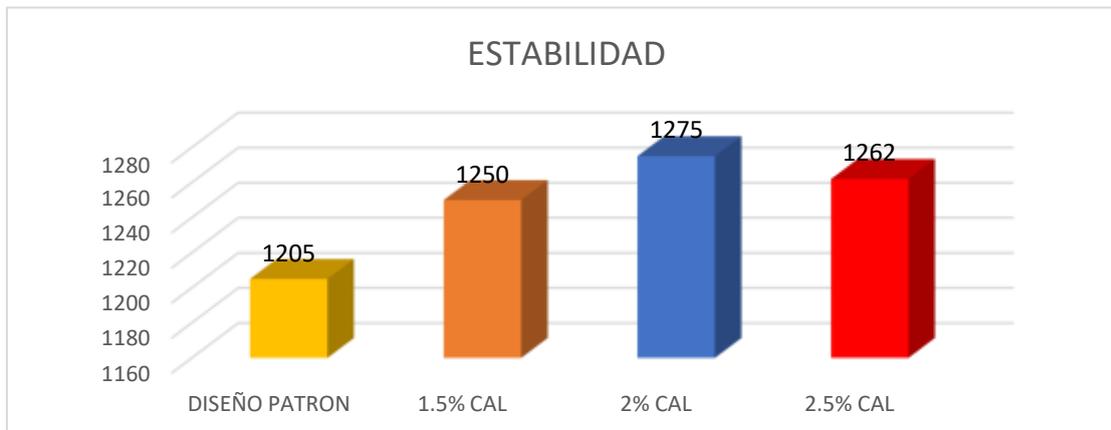


Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Los Vacíos llenos de asfalto decrecen conforme se va añadiendo el porcentaje de cal hidrata, sin embargo cumplen con las normas.

Figura 20

Comparación estadística de las propiedades físicas Estabilidad (kg)

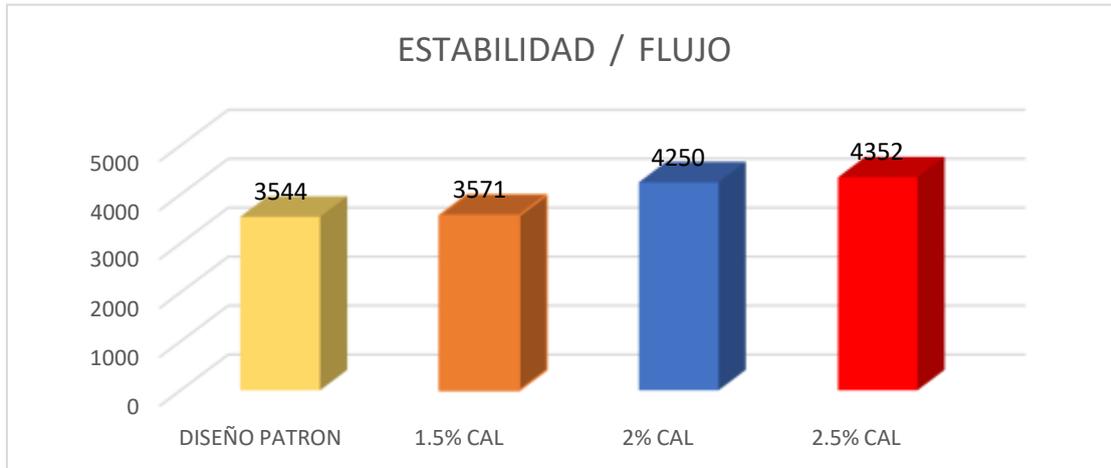


Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: La estabilidad va en aumento al añadir 1.5% y 2.0 % en 1250kg y 1275kg respectivamente a diferencia del diseño patrón, pero decrece al añadir 2.5 % de cal en un 1262kg.

Figura 21

Comparación estadística de las propiedades físicas Estabilidad / Flujo



Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: La rigidez aumenta al añadir 1.5% cumpliendo con la norma, sin embargo, al añadir 2.0 % y 2.5 % la rigidez no cumple con los parámetros.

Conforme a los gráficos anteriores se determinó que la cal hidratada es un material que mejora la resistencia al desgaste y a la fatiga del asfalto, así como su fluidez y estabilidad. Estas propiedades son importantes para soportar las cargas de tráfico que se generan en las vías pavimentadas.

Los resultados obtenidos demostraron que la mezcla asfáltica con cal hidratada presentó una mayor resistencia a las cargas que la mezcla asfáltica convencional en los ensayos de estabilidad Marshall. Sin embargo, se observó que la resistencia aumentaba hasta un cierto punto, y luego disminuía al agregar más cal hidratada.

Objetivo N°2: Identificar el porcentaje óptimo de cal hidratada que permitan tener un pavimento flexible según la normatividad.

Tabla 8

Cuadro comparativo de resultados diseño patrón Vs adición de cal hidratada.

COMPORTAMIENTO DE LAS MEZCLAS ASFALTICAS AL ADICIONAR CAL HIDRATADA						
DISEÑO MAC	PATRON	1.5%	2%	2.5%	CONCLUSIÓN	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO	75	75	75	75		75.00
CONTENIDO DE ASFALTO %	5.90	5.8	5.75	5.7	Mientras cantidad de cal se agrega disminuye el porcentaje de contenido asfaltico	(+/- 0.3%)
PESO UNITARIO	2.34	2.36	2.43	2.43	Aumenta el peso unitario mientras más cantidad de cal se agregue	
VACIOS	4.00	4	4	4	Se diseñó en base al 4%	3 - 5
VMA	16.00	15	12.5	12	Disminuye mientras más cal se agrego	Mín 14
VACIOS LLENOS ASFALTO	75.00	72	69	68	Baja el porcentaje de vacíos dando más impermeabilidad	

FLUJO	3.40	3.5	3	2.9	Disminuye EL FLUJO	2 - 4.0
ESTABILIDAD	1,205.00	1250	1275	1290	Aumenta la estabilidad	Min. 815
ESTABILIDAD/FLUJO	3,544.12	3571.429	4250	4448.276	Aumenta la Estabilidad/Flujo superando lo normado	1700 - 4000

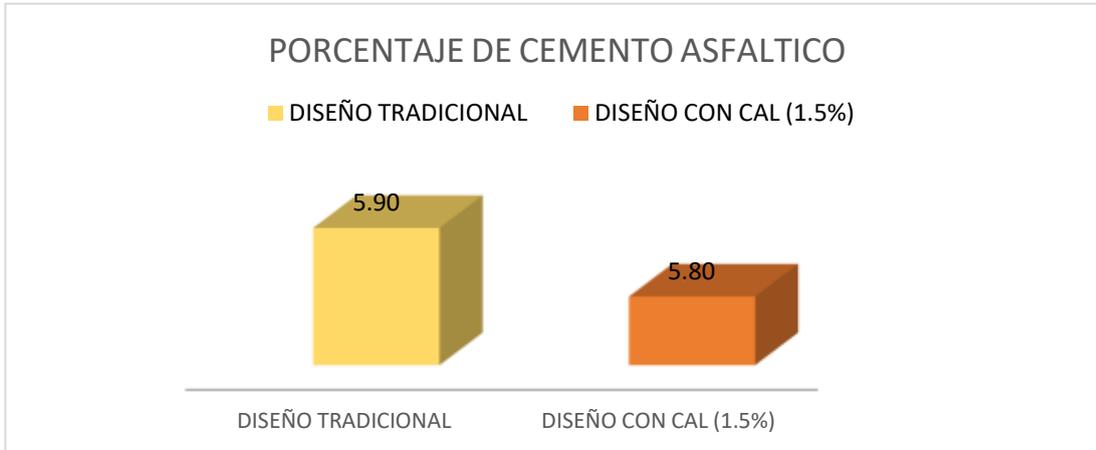
Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Como se observa en la tabla 8 podemos determinar que el promedio de diseño de estabilidad es de 1255kg en el comportamiento de mezcla asfáltica, así mismo, conforme se va adicionando la cal hidratada en porcentajes de 1.5%, 2% y 2.5% se logra disminuir el porcentaje de contenido de asfalto, por otro lado la estabilidad/fluido se logra obtener mejores resultados en la adición del 1.5% de cal logrando una respuesta de 3571.429 (dato dentro del rango admisible según especificaciones).

Por lo tanto, se concluyó que la cantidad óptima de cal hidratada que se debe agregar al diseño es del 1.5 % en masa de agregados, ya que con esta cantidad se obtuvieron las mejores propiedades del asfalto modificado.

Figura 22

Comparación de % C.A. Diseño tradicional Vs. Diseño con cal.

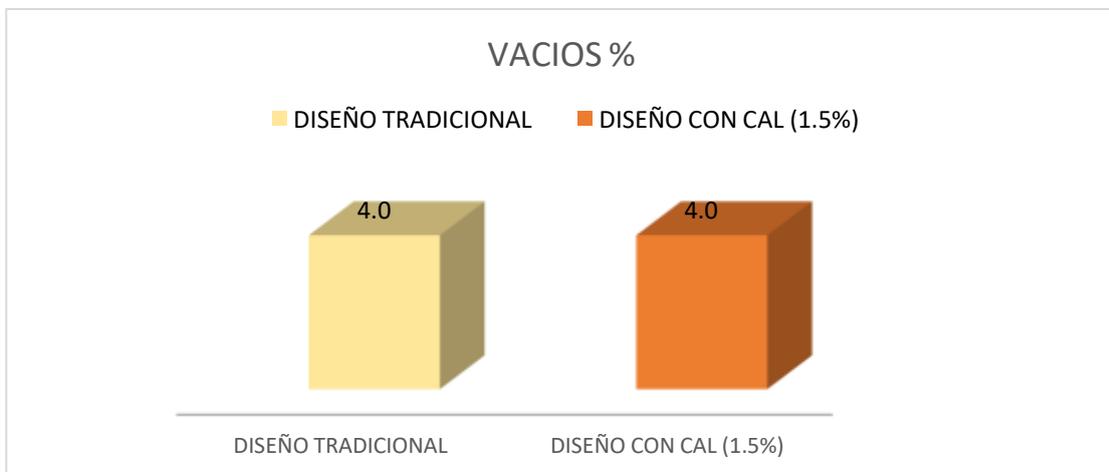


Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Se puede observar en el gráfico de barras la comparación del diseño tradicional (sin cal) y el diseño con cal (1.5%) respecto al porcentaje de cemento asfáltico, pues se obtiene mayor porcentaje de C.A en el diseño sin cal habiendo una variación de 0.10% en relación al diseño de mezcla con cal con el 1.5% de cal hidratada.

Figura 23

Comparación de % Vacíos Diseño tradicional Vs. Diseño con cal

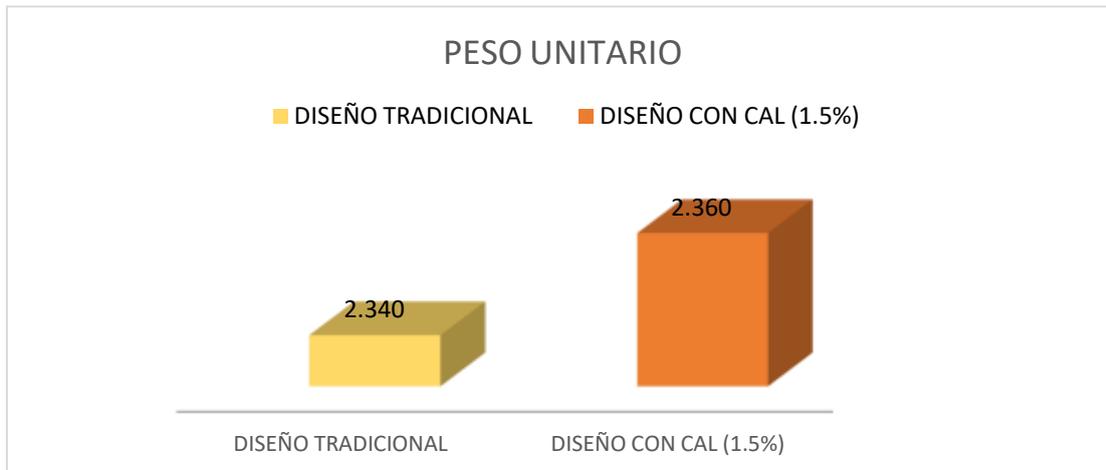


Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: En la visualización de la representación de barras la diferencia del diseño tradicional (sin cal) y el diseño con cal (1.5%) respecto al porcentaje vacíos, en ambos diseños de trabajo con el porcentaje del 4%, pues está dentro del rango de 3-5% como lo especifica la norma.

Figura 24

Comparación de P.U. Diseño tradicional Vs. Diseño con cal

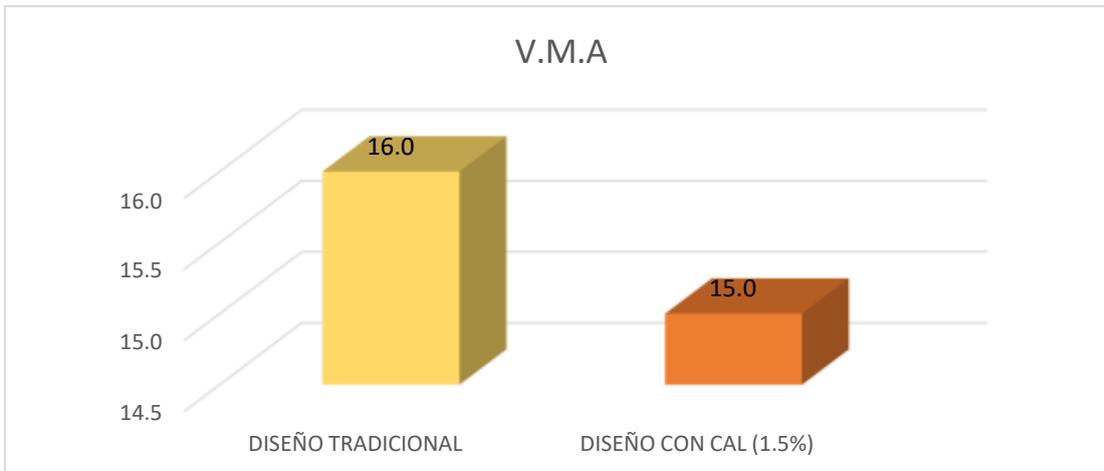


Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Se puede observar en el gráfico de barras la comparación del diseño tradicional (sin cal) y el diseño con cal (1.5%) respecto al peso unitario, pues se obtiene mayor peso en el diseño con cal con un valor de 2.36 gr. A diferencia del diseño tradicional con un 2.34.

Figura 25

Comparación de % V.M.A. Diseño tradicional Vs. Diseño con cal

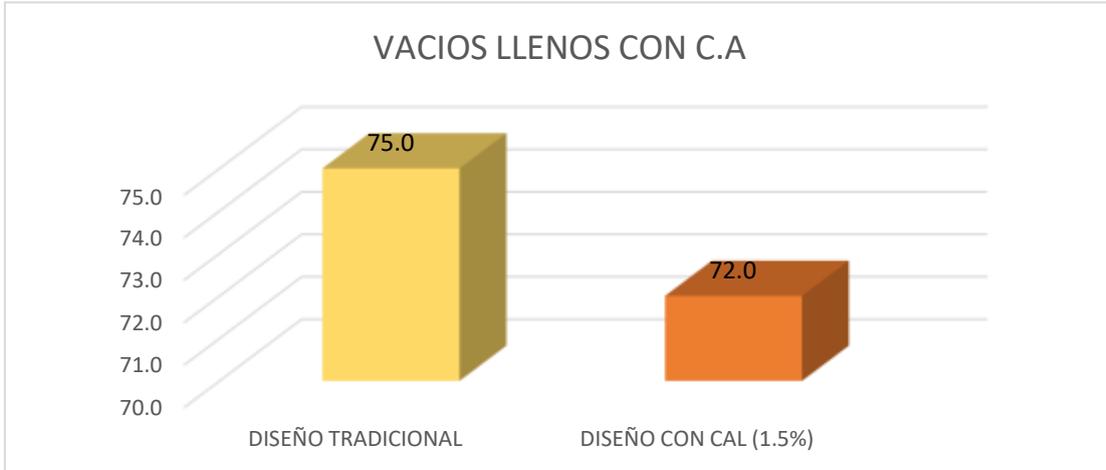


Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Se puede observar en el gráfico de barras la comparación del diseño tradicional (sin cal) y el diseño con cal (1.5%) respecto a los vacíos en el agregado mineral, pues se obtiene mayor % de vacíos en el diseño tradicional 16% a diferencia del diseño aplicando cal, pues cumple la función de sellar esos vacíos.

Figura 26

Comparación de % V.LL.C.A. Diseño tradicional Vs. Diseño con cal

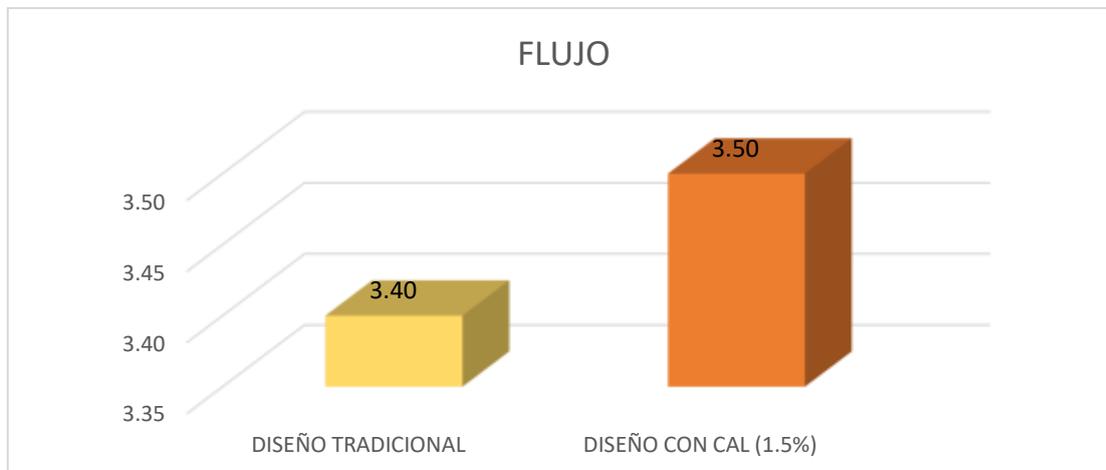


Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Se puede observar en el gráfico de barras la comparación del diseño tradicional (sin cal) y el diseño con cal (1.5%) respecto al porcentaje de vacíos llenos de asfalto, pues se obtiene mayor porcentaje de VFA en el diseño sin cal habiendo una variación del 3% en relación al diseño de mezcla con cal hidratada.

Figura 27

Comparación del Flujo Diseño tradicional Vs. Diseño con ca

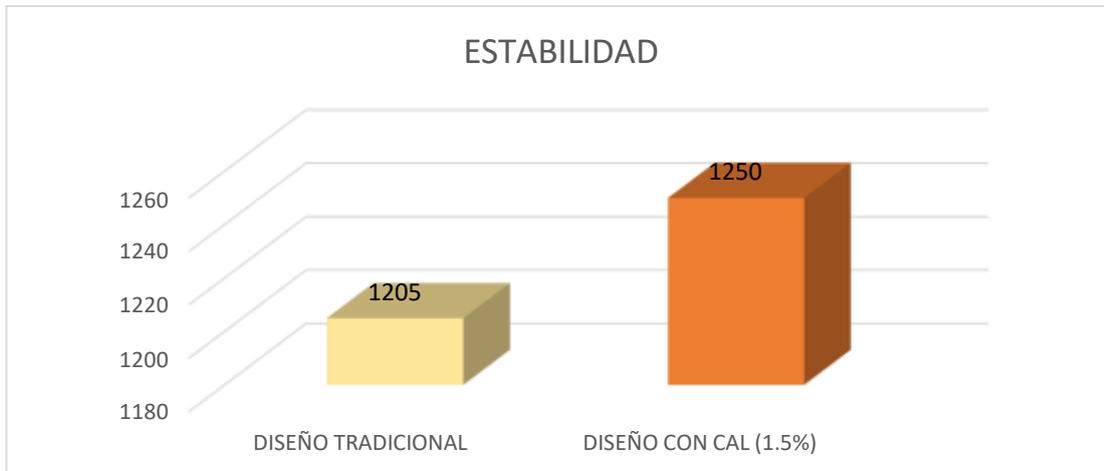


Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Se puede observar en el gráfico de barras la comparación del diseño tradicional (sin cal) y el diseño con cal (1.5%) respecto al flujo, se obtiene mejores resultados en el diseño de mezcla con cal hidratada. El flujo decrece al adicionar más porcentajes de cal hidratada.

Figura 28

Comparación de Estabilidad Diseño tradicional Vs. Diseño con cal

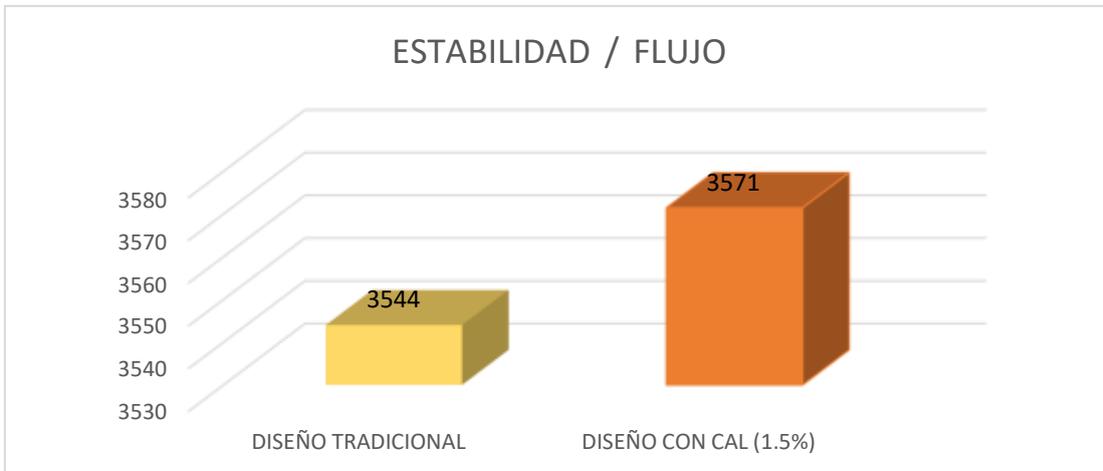


Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Se puede observar en el gráfico de barras la comparación del diseño tradicional (sin cal) y el diseño con cal (1.5%) respecto a la estabilidad, se observa que adicionando cal mejora las propiedades de diseño a diferencia de la mezcla tradicional.

Figura 29

Comparación de Estabilidad/Flujo Diseño tradicional Vs. Diseño con cal



Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Se puede observar en el gráfico de barras la comparación del diseño tradicional (sin cal) y el diseño con cal (1.5%) respecto a la relación estabilidad / flujo, se obtiene mejores resultados de rigidez adicionando 1.5% de cal en un 3571, aumentando este porcentaje no cumple con los parámetros de la normativa.

Objetivo N°3: Determinar el costo beneficio del diseño de la carpeta asfáltica adicionando cal hidratada mediante los resultados obtenidos.

Tabla 9

Costo de producción de mezcla asfáltica convencional

Presupuesto	0202011	Tesis						
Subpresupuesto	001	COSTO MEZCLA ASFALTICA				Fecha presupuesto	01/11/2023	
Partida	ELABORACION DE COMBINACION ASFALTICA A BAJA TEMPERATURA							
Rendimiento	m3/DIA	300.0000	EQ.	300.0000		Costo unitario directo por : m3	856.60	
Código	Descripción Recurso		Unidad		Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
		Mano de Obra						
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000		0.0267	26.52	0.71
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000		0.0267	20.47	0.55
0101010005	PEON		hh	3.0000		0.0800	18.51	1.48
								2.74
		Materiales						
0201040001	PETROLEO D-2		gal			6.5000	12.00	78.00

02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"	m3		0.3500	105.00	36.75
02070200010001	ARENA FINA	m3		0.1500	80.00	12.00
0207020003	ARENA TRITURADA	m3		0.5000	85.00	42.50
0213010006	CEMENTO ASFALTICO	gal		40.0000	15.85	634.00
						803.25

Equipos

0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.74	0.14
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	2.1000	0.0560	220.00	12.32
03012500010002	GRUPO ELECTROGENO DE 350 KW.	hm	1.0000	0.0267	212.00	5.66
03012500010003	GRUPO ELECTROGENO DE 75 KW.	hm	1.0000	0.0267	192.00	5.13
03013900030001	PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE M.E. 50,65 - 115 ton/h	hm	1.0000	0.0267	800.00	21.36
0301390007	CALENTADOR DE ASFALTOS 5 HP	hm	1.5000	0.0400	150.00	6.00

50.61

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 10

Costo de producción de mezcla asfáltica caliente con cal

Partida		PRODUCCION DE MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE CON CAL					
Rendimiento	m3/DIA	300.0000	EQ.	300.0000		Costo unitario directo por : m3	886.69
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/	Parcial S/
Mano de Obra							
0101010003	OPERARIO		hh	1.0000	0.0267	26.52	0.71
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0267	20.47	0.55
0101010005	PEON		hh	3.0000	0.0800	18.51	1.48
							2.74
Materiales							
0201040001	PETROLEO D-2		gal		6.5000	12.00	78.00
02070100010002	PIEDRA CHANCADA 1/2"		m3		0.3500	105.00	36.75
02070200010001	ARENA FINA		m3		0.1500	80.00	12.00

0207020003	ARENA TRITURADA	m3		0.5000	85.00	42.50
0213010006	CEMENTO ASFALTICO	gal		40.0000	15.85	634.00
0213020002	CAL HIDRATADA	kg		35.4000	0.85	30.09
						833.34
Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		5.0000	2.74	0.14
03011600010003	CARGADOR SOBRE LLANTAS DE 125-135 HP 3 yd3	hm	2.1000	0.0560	220.00	12.32
03012500010002	GRUPO ELECTROGENO DE 350 KW.	hm	1.0000	0.0267	212.00	5.66
03012500010003	GRUPO ELECTROGENO DE 75 KW.	hm	1.0000	0.0267	192.00	5.13
03013900030001	PLANTA DE ASFALTO EN CALIENTE M.E. 50,65 - 115 ton/h	hm	1.0000	0.0267	800.00	21.36
0301390007	CALENTADOR DE ASFALTOS 5 HP	hm	1.5000	0.0400	150.00	6.00
						50.61

Nota: Elaboración Propia.

Tabla 11

Comparación de costos de producción de las mezclas asfálticas convencional y la mezcla asfáltica que incluye cal hidratada

DESCRIPCION	MEZCLA ASFALTICA TIPO CONVENCIONAL	MEZCLA ASFALTICA CON CAL HIDRATADA	VARIACION
PRECIO EN MEZCLA ASFALTICO EN M3	856.60	886.69	4%
AUMENTO EN M3		30.09	

Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: Se elaboró un presupuesto para diseño de mezcla asfáltica guiada por las tablas de diseño las cuales se sacó por un precio unitario de m3 con precios actualizados al 2023 se interpreta el valor unitario de la combinación asfáltica tiene un mayor presupuesto con S/. 886.69 superior con S/.30.09 a comparación de la mezcla convencional que tiene un costo de S/. 856.60 dando una variación de 4%.

Tabla 12

Tiempo de eficiencia del pavimento

DESCRIPCION	COMBINACION ASFALTICA TIPO TRADIONAL	MEZCLA ASFALTICA CON CAL HIDRATADA	CAMBIO%
Tiempo de eficiencia del pavimento	20 AÑOS	30 AÑOS	5%

Nota: Elaboración Propia.

Interpretación: La tabla 12 presenta una comparación entre la durabilidad del pavimento flexible, permitiendo contrastar los 20 años de vida útil de la mezcla asfáltica convencional con los 30 años de la mezcla asfáltica con cal hidratada, con una variación del 5%. En conclusión la cal hidratada respondiendo a nuestro objetivo positivamente en costo beneficio ya que si bien es un 4% más costoso da una larga duración y es una buena alternativa ante la realidad problemática que afecta a la provincia de Sullana.

V. DISCUSIÓN

Según las hipótesis **“La adición de porcentaje de cal hidratada mejorará significativamente el rendimiento físico-mecánico de la formulación de mezcla asfáltica para pavimentos flexibles en la Provincia de Sullana”** que hemos formulado, se puede concluir que la adición de un porcentaje de cal hidratada en la composición de mezcla asfáltica a ser usada en pavimentación flexible para la Provincia de Sullana podrá tener un impacto significativamente positivo sobre sus características físico-mecánicas. Esto es plausible de sostenerse si se analizan los resultados de las pruebas realizadas mediante el método Marshall con la combinación de cal hidratada en diferentes cuatro mezclas asfálticas a baja temperatura porque adiciona resistencia y propiedades beneficiosas de la combinación, lo que permite que los componentes de la mezcla actúen de una mejor manera frente a los esfuerzos causados por la carga tránsito y las variables de clima.

Examinando los resultados alcanzados del primer objetivo “Identificar las propiedades físicas que se obtienen al aplicar cal hidratada en las mezclas asfálticas”, en conclusión, podemos decir que el porcentaje adecuado de cal hidratada para una combinación a baja temperatura de asfalto. Este aditivo cumple con total eficacia el cuidado a la filtración de agua y capacidad de resistir a la tracción indirecta, y proporciona resultados aún mejores que el diseño convencional, dentro de los parámetros estandarizados. Asimismo, esta incorporación permite reducir la formación de deformaciones permanentes, la erosión de agregados y grietas en pavimentos asfálticos.

Estos resultados de nuestra investigación también pueden ser cotejadas en la posición de Karina Kikut, et. al (2020) en su artículo de investigación titulado *“Beneficios del uso de cal hidratada en mezclas asfálticas: Revisión del estado del arte”* la cual presenta una revisión sobre los beneficios del uso de cal hidratada en mezclas asfálticas, basada en diversos estudios realizados en diferentes países y condiciones climáticas. Según la recopilación de investigaciones que ha realizado, concluye que los porcentajes típicos de uso de este aditivo oscilan entre el 1% y el 2% del peso de los agregados. El artículo

determina que la cantidad óptima de cal hidratada que se debe añadir a las mezclas asfálticas es del 1,5% en masa de agregados, ya que con esta dosis se obtienen las mejores propiedades del asfalto, como mayor dureza, resistencia a la humedad y menor consumo de cemento. También menciona algunos factores que pueden afectar la eficiencia del uso de cal hidratada, como la calidad y el tamaño de los agregados, el tipo y la cantidad de cemento asfáltico, el método de aplicación y el tiempo de curado.

Por otro lado en una publicación de ScienceDirect de autor Sen Han, et al (2020) artículo titulado “*Study on the effect of hydrated lime content and fineness on asphalt properties*”, también concuerda con nuestros hallazgos. En este estudio se describen los impactos obtenidos al introducir cal hidratada en la formulación de mezcla asfáltica, analizando sus características físicas, mecánicas y medioambientales. Se evaluarán aspectos como la densidad, el peso específico, la resistencia al corte, la capacidad de resistir deterioro así como a la compresión, el indicativo de plasticidad, el índice de influencia y el índice de humedad, .

En esta investigación se trabajó con un diseño experimental analizando el comportamiento de adición de cal hidratada en porcentajes de 0.5%, 1% y 2% en masa de agregados. Este estudio investigó la adherencia del asfalto, así como las propiedades técnicas fundamentales y reológicas del asfalto modificado HL, con el propósito de identificar los niveles ideales de contenido de cal y finura. Esto se realizó mediante pruebas de laboratorio.

También menciona que la Cal hidratada (HL) es un aditivo para mezclas asfálticas, la función primordial de este aditivo es mejorar la resistencia de la mezcla asfáltica ante la humedad, el envejecimiento químico y diversas propiedades mecánicas como el módulo, la resistencia, la resistencia al surco, la fatiga y el agrietamiento térmico. La HL logra esto al introducir iones de calcio en la superficie del agregado, aumentando su afinidad con el asfalto y mejorando su resistencia a la degradación por humedad. Asimismo, en condiciones húmedas, la HL reacciona con el agua y el dióxido de carbono para formar carbonato de calcio en la superficie del agregado mineral, aumentando su rugosidad y

mejorando su unión con el asfalto. El método de energía libre de superficie (SFE) se emplea comúnmente para evaluar la mejora en la adherencia entre el asfalto y el agregado gracias a la incorporación de la HL.

Debido a su eficacia superior para evitar daños por humedad en la mezcla asfáltica y su facilidad de aplicación en comparación con otros aditivos, el HL se usa ampliamente en todo el mundo como aditivo anti-decapado. Se ha demostrado que el HL no solo alivia el daño causado por la humedad, sino que también reduce la degradación química del asfalto y aumenta su rigidez de la masilla que los rellenos minerales normales.

Por su parte, Stéphane Bouron, et al (2021), en su investigación realizada en Francia, titulada "Improving the durability of asphalt mixtures with hydrated lime: Field results from highway A84", en este artículo se exponen los hallazgos en campo recientes obtenidos en Francia en la autopista A84 en Normandía después de 5 años. Se construyeron y siguieron 5 secciones con y sin HL. Se realizó una prueba inicial minuciosa y se completó con la extracción de muestras después de 5 años de funcionamiento. Por primera vez, estos resultados permiten cuantificar el impacto de HL en el contexto de las mezclas francesas. Con fundamento en la información proporcionada en el texto, se pueden sacar las siguientes conclusiones sobre el estado de la práctica en el uso de HL en CA que contienen RAP.

Según las pruebas de aglutinantes, la presencia de HL redujo significativamente el envejecimiento del betún. El endurecimiento por envejecimiento se redujo en función de todas las propiedades mecánicas, ya sean estándar (punto de reblandecimiento de anillos y bolas, penetración) o avanzadas (indicadores reológicos a todas las temperaturas). Los indicadores químicos confirmaron que la tasa de creación de asfaltenos y la creación de compuestos de oxidación disminuyeron en aspecto de HL. No se pudo destacar diferencia entre 0,5 y 1,5 % HL, y ambos contenidos arrojaron resultados similares.

Por otro lado en una investigación de Turkia titulada "El efecto de las formas y proporciones de mezcla de cal hidratada sobre el rendimiento de los pavimentos de asfalto". Este estudio investigó el daño por agua y las resistencias a la

tracción indirecta (ITS) en diferentes mezclas utilizando cal hidratada (HL) en diferentes proporciones y métodos de adición. Se utilizaron briquetas idénticas modificadas con cal hidratada, empleándola como ligante bituminoso (método húmedo) y como parte del árido de relleno, con dos métodos de adición distintos para lograr proporciones equivalentes. Se compararon los valores de daño por agua y ITS en mezclas no acondicionadas y modificadas, evaluando la significancia de las diferencias entre las briquetas y mezclas idénticas. Se notó que al incrementar la cantidad de HL, aumentaba la desviación estándar entre muestras idénticas en términos de ITS, afectando negativamente la trabajabilidad de la mezcla. Al mezclar HL con el cemento asfáltico (AC), las desviaciones estándar de los valores ITS entre muestras idénticas seguían siendo menores debido a una mayor velocidad de mezcla. Aumentar la proporción de HL reducía las proporciones de ITS en comparación con agregar HL como relleno al agregado. El daño por agua mostró mayor resistencia en promedio (15% más alta) cuando se agregaba HL a la mezcla con un bajo contenido de HL en comparación con agregarlo al AC. Sin embargo, al aumentar el contenido de HL, mezclarlo con AC proporcionaba una mayor resistencia al daño por agua que agregarlo como relleno. La cal hidratada modifica las propiedades superficiales del árido, favoreciendo la adhesión del betún y puede tratar las partículas arcillosas adheridas a la superficie del agregado, mejorando la capacidad de resistencia a los efectos adversos causados por la humedad. Además, interactúa químicamente con los ácidos presentes en el betún, reduciendo la velocidad de endurecimiento por envejecimiento y mejorando la resistencia a la humedad de la mezcla. La porosidad de la cal hidratada explica su capacidad para fortalecer materiales bituminosos por encima de la temperatura ambiente.

En general, la adición de hidróxido de calcio en las mezclas de asfalto puede mejorar significativamente la resistencia al desgaste y a la fatiga del asfalto, así como su fluidez y estabilidad. Sin embargo, es importante tener en cuenta y controlar con precisión la cantidad de cal hidratada que se añade para evitar que afecte negativamente otras características de la mezcla asfáltica.

Analizando los resultados alcanzados del segundo objetivo “Identificar el porcentaje óptimo de cal hidratada que permitan tener un pavimento flexible según la normatividad” Se puede establecer el porcentaje ideal óptimo con el 1.5% de cal a la mezcla, pues se logra mejorar sus propiedades físicas tanto en estabilidad como en rigidez.

Según Al Ashaibi, et al. (2022) en su investigación *“Propiedades térmicas del hormigón asfáltico modificado con cal hidratada y evaluación del modelado para su efecto sobre los pavimentos construidos en servicio”* Menciona sobre una prueba experimental continua para las propiedades térmicas de las mezclas optimizadas modificadas con cal hidratada en sus resultados. La adición de un 2,5 % de HL para reemplazar el peso equivalente de relleno de polvo de piedra caliza mejora las propiedades térmicas del hormigón asfáltico modificado con mayores magnitudes de conductividad térmica (27 % para la mezcla de desgaste, 7 % para la mezcla niveladora, 0,17 % para la mezcla base) y específicas. Calor (25% para mezcla de desgaste, 6% para mezcla niveladora, 0,16% para mezcla base). Para la mezcla modificada HL no existe correlación entre las propiedades térmicas y el cemento asfáltico óptimo o el contenido de relleno mineral. El pavimento HL tiene aproximadamente un 1,5% menos de deformación y un 39% menos de nivel de tensión solo bajo carga de tráfico, pero el efecto térmico aumenta el nivel máximo de tensión de tracción interna total en un 26% en el pavimento HL en la temporada de invierno.

En cuanto a los efectos del uso de cal hidratada en las mezclas asfálticas de las 66 muestras analizadas, se encontró que el contenido del cemento asfáltico disminuye al adicionar cal, en un promedio de 3.39%. El peso unitario aumenta en un 5.5%, mientras que los vacíos por seguridad del diseño se mantienen.

Los VMA decrecen y al incrementar la cal en 2.0% y 2.5%, no cumplen con el mínimo de 14 que estipulan las normas. Los vacíos llenos de asfalto decrecen, pero cumplen con las normas.

La estabilidad aumenta hasta añadir 1.5% y 2.0%, pero decrece al añadir 2.5% de cal. El flujo aumenta al añadir 1.5% de cal y decrece al añadir el 2.0% y 2.5%.

La rigidez aumenta al añadir 1.5% y cumple con la norma, sin embargo, al añadir 2.0% y 2.5%, la rigidez no cumple con los parámetros.

Gómez Mendoza, R. B., & Matamoros Pineda, A. A. (2022). *“Influencia de la cal hidratada en la resistencia de mezclas asfálticas para pavimentos flexibles en Huancavelica”* [Universidad Nacional de Huancavelica]. En esta investigación, se examina la resistencia a la compresión al incorporar diversos niveles de cal hidratada, específicamente 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, y 2.5%, en relación al peso total de la mezcla asfáltica caliente. Para el porcentaje del 0,5%, se logró una resistencia promedio $f'c$ de 54,80 kg/cm². Además, Menéndez (2015) respalda la afirmación de que al agregar un 1.5% de cal hidratada se consiguió un aumento máximo en la resistencia a la tensión de la mezcla de 33.8 Psi (2.67 kg/cm²). Este estudio anterior evidencia la viabilidad de emplear cal hidratada en mezclas asfálticas calientes, especialmente en el porcentaje mencionado, para la ciudad de Huancavelica con un nivel muy bajo del 0.5%. Al evaluar los resultados, la investigación sobre cal hidratada en un 0.5% reveló una resistencia a la compresión promedio de $f'c = 54.80$ kg/cm², superando la resistencia de las mezclas asfálticas convencionales que registraron una resistencia a la compresión promedio de $f'c = 52,39$ kg/cm². Se concluye que la cal hidratada influye de manera significativa en la resistencia de las mezclas asfálticas calientes, mientras que no afecta significativamente la resistencia de las mezclas asfálticas frías, según sus conclusiones, que difieren de nuestros resultados predominantes.

En este análisis sobre el impacto la combinación de cal hidratada con asfalto a baja temperatura , se presentan resultados contrastantes que evidencian distintas perspectivas y enfoques en la investigación. Por un lado, la tesis inicial aborda la resistencia a la compresión al introducir diversos niveles de cal hidratada, resaltando la eficacia del 0,5% para superar la resistencia de las mezclas asfálticas convencionales. Menéndez (2015) respalda esta afirmación al subrayar que el 1.5% de cal consigue notablemente un aumento a capacidad de resistir a la tracción, especialmente relevante para la ciudad de Huancavelica.

No obstante, en contraste con estas conclusiones, otro estudio afirma que los niveles de cal hidratada (0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%) no tienen una influencia importante en la resistencia de las mezclas asfálticas. en frío, planteando dudas sobre la validez de los resultados anteriores. Aquí surge un desacuerdo en la interpretación, ya que se argumenta que los hallazgos predominantes sugieren una mejora evidente en la tenacidad mecánica de las mezclas asfálticas al incorporar cal hidratada en porcentajes específicos, especialmente entre el 1.0% y el 1.5%.

En nuestra perspectiva, respaldamos la idea de que la cal hidratada tiene un impacto positivo en las propiedades mecánicas, mostrando un aumento en la resistencia hasta cierto límite (1.0% al 1.5%). Este hallazgo es vital para el diseño de pavimentos flexibles que deben enfrentarse a cargas variables y condiciones climáticas adversas. La observación de que la resistencia decrece con porcentajes más altos de cal (2 al 2.5%) es considerada crucial, indicando la existencia de un punto óptimo de adición que debe ser meticulosamente tenido en cuenta al formular mezclas asfálticas.

La consistencia en los datos recopilados de múltiples estudios respalda nuestra conclusión de que la cantidad óptima de cal hidratada es del 1.5% en masa de agregados. Esto no solo mejora la resistencia, sino que también optimiza las propiedades del asfalto modificado, contribuyendo a la durabilidad y vida útil del pavimento. En resumen, nuestros hallazgos respaldan la eficacia de la cal hidratada como modificador, ofreciendo una solución efectiva para mejorar la resistencia y estabilidad de los pavimentos flexibles, aunque reconocemos la importancia de considerar las condiciones específicas del proyecto antes de aplicar estas recomendaciones.

Analizando los resultados alcanzados del tercer objetivo “Determinar el costo beneficio del diseño de la carpeta asfáltica adicionando cal hidratada mediante los resultados obtenidos” se determinó que el costo de producción de la mezcla asfáltica se elevó en un 4.0 % por m^3 debido a la adición de cal hidratada.

Como sostiene Chamila Gunasekara, et al (2020) **en su investigación “Efecto de la adición de nanosílice en un hormigón mezclado con alto volumen de cenizas volantes y cal hidratada”**, en este estudio se investigó el desarrollo de resistencia, la reactividad y los beneficios ambientales/económicos de mezclas de concreto de alto volumen de cenizas volantes (HVFA) que utilizan 65% y 80% de reemplazo de cemento utilizando una combinación de cenizas volantes y cal hidratada, con y sin nanosílice. Las mezclas de concreto HVFA muestran un ahorro de carbono del 51 al 60 % y tienen un impacto reducido en el calentamiento global. El concreto HVFA que incorpora cal hidratada también presenta un ahorro de costos del 10 % en comparación con el concreto de cemento Portland. Para evaluar la sostenibilidad del concreto HVFA, es crucial considerar los impactos durante todo su ciclo de vida. Siguiendo el enfoque de triple resultado, la sostenibilidad de este concreto debe tener en cuenta aspectos ambientales, económicos y sociales. Factores como la disponibilidad local de materias primas, el uso de energías renovables y las particularidades del proyecto pueden complicar la evaluación de la sostenibilidad al analizar estos tres pilares.

Este estudio examinó dos formulaciones de mezcla de concreto de alto volumen de cenizas volantes (HVFA), las cuales sustituyen el 65% (HVFA-65 ns) y el 80% (HVFA-80 ns) del cemento con cenizas volantes, cal hidratada y nanosílice. Se investigó cómo la adición de nanosílice afecta la resistencia temprana de un compuesto con un alto contenido de cenizas volantes y cal hidratada. Además, se compararon los aspectos ambientales y económicos de estas dos mezclas de HVFA concreto con un equivalente concreto de Portland. Iwanski MM. (2020), en su estudio realizado en Polonia sobre el "Efecto de la cal hidratada en el módulo de rigidez a la tracción indirecta del hormigón asfáltico producido con tecnología de mezcla medio tibia", respalda la idea de que la cal hidratada ayuda a ralentizar el proceso de envejecimiento del betún y, por ende, de las mezclas bituminosas y los pavimentos. Este efecto contribuye a garantizar la durabilidad de los pavimentos a lo largo de su vida útil.

Por lo tanto se puede decir que la Cal hidrata como aditivo en mezclas asfálticas genera una variación en costos a diferencia de la mezcla convencional, esta diferencia significa una mayor inversión a la hora de realizar la obra, pero a futuro en costos de mantenimiento y reparación estaría generando una reducción considerable; este costo solo implica el costo de producción, sin embargo este resultado no es determinante, pues para tener un enfoque más completo se recomienda realizar un análisis de costos durante todo el ciclo de vida.

VI. CONCLUSIONES

En este estudio, se llevó a cabo una investigación experimental para evaluar el impacto de la Cal hidratada en la composición de una mezcla asfáltica caliente. En una fase inicial, se evaluó un estudio físico-mecánico de los agregados destinados a formar la mezcla. Posteriormente, se procedió a comparar las ventajas de la cal con respecto a un diseño convencional mediante el ensayo Marshall. A partir de estos estudios, se puede deducir lo siguiente:

1. Los materiales provenientes de la cantera Ancosa y Santa Cruz, ambas ubicadas en Sojo- Sullana presentan propiedades físicas y mecánicas adecuadas para ser usados en mezclas asfálticas de alto desempeño, destinadas a tramos de carreteras de alta transitabilidad, que requieren el uso de Asfalto Solido grado 60/70 PEN., que es adecuado para el diseño de mezclas asfálticas en zonas calurosas.

La dosificación óptima de los agregados se obtuvo mediante el los puntos de control de la curva granulométrica según SUPERPAVE, resultando en una proporción de 35.0 % agregado grueso de $\frac{3}{4}$ ", 50% de Arena triturada $\frac{3}{8}$ " y Arena Zarandeada 15% agregado fino, obteniendo esta combinación de fracciones y utilizando de acuerdo al tamaño máximo nominal la combinación de agregados que es de $\frac{3}{4}$ pulgada, la especificación granulométrica cumple con los límites de la gradación MAC -02.

2. La introducción de cal hidratada en las mezclas asfálticas produce diversos efectos en sus propiedades y comportamiento. De acuerdo con los resultados obtenidos, se puede apreciar que la cal hidratada reduce el contenido de cemento asfáltico en un promedio del 3.39%, aumenta el peso unitario en un 5.5%, mantiene los vacíos por razones de seguridad en el diseño, reduce los vacíos. en la mezcla mineral (VMA) y los vacíos llenos de asfalto (VFA), y altera la estabilidad, el flujo y la rigidez de las mezclas. Estos efectos dependen de la cantidad de cal hidratada que se añade, y no siempre son favorables para el desempeño de las mezclas. Por lo tanto, se debe tener cuidado al seleccionar el porcentaje óptimo de cal hidratada que

cumpla con los requisitos de las normas y que mejore las características de las mezclas asfálticas. Los datos numéricos obtenidos en el experimento son los siguientes:

- El contenido del cemento asfáltico disminuye al adicionar cal, en un promedio 3.39%.
 - El peso unitario aumenta en un 5.5%.
 - Los vacíos por seguridad del diseño se mantienen.
 - Los VMA decrecen y al incrementar la cal en 2.0% y 2.5% no cumplen con el mínimo de 14 que estipula las normas.
 - Los vacíos llenos de asfalto decrecen, pero cumplen con las normas.
 - La estabilidad aumenta hasta añadir de 1.5% a 2.0%, pero decrece al añadir 2.5% de cal.
 - El flujo aumenta al añadir 1.5% de cal y decrece al añadir el 2.0% y 2.5%.
 - La rigidez aumenta al añadir 1.5% y cumple con la norma, sin embargo, al añadir 2.0% y 2.5% la rigidez no cumple con los parámetros.
3. El costo de producción de la mezcla asfáltica se elevó en un 4.0 % por m^3 debido a la adición de cal hidratada. El análisis de la relación Costo Beneficio en la inversión inicial, indica que la mezcla asfáltica convencional requiere una inversión de S/. 856.60, mientras que la mezcla asfáltica con adición un S/. 886.69, así la adición de cal hidratada incrementa en un S/.30.09 la efectividad de la inversión.

En conclusión, la cal hidratada responde a nuestro objetivo positivamente en costo beneficio ya que si bien es un 4% más costoso da una larga duración y

es una buena alternativa ante la realidad problemática que afecta a la provincia de Sullana.

VII. RECOMENDACIONES

1. En base a nuestros resultados, es viable utilizar los materiales provenientes de las canteras Ancosa y Santa Cruz, ya que presentan propiedades físicas y mecánicas adecuadas para ser usados en mezclas asfálticas de alto desempeño, destinadas a tramos de carreteras de alta transitabilidad en zonas calurosas, según los resultados del análisis físico-mecánico y la curva granulométrica según SUPERPAVE.
2. Se aconseja elegir la cantidad ideal de cal hidratada que cumpla con los estándares y mejore las propiedades de las mezclas asfálticas. Según la información recopilada, se podría proponer que el porcentaje óptimo de cal hidratada sea del 1.5%, dado que esta muestra los valores más favorables en estabilidad, fluidez y rigidez, además de cumplir con los criterios relacionados con los vacíos en la mezcla mineral y los espacios llenos de asfalto.
3. Se aconseja incorporar cal hidratada en los proyectos de pavimentación, ya que este aditivo ofrece ventajas significativas a las mezclas asfálticas modificadas. Su capacidad aumenta para la resistencia a la compresión en condiciones secas y húmedas las hace especialmente adecuadas para áreas con precipitaciones frecuentes. En consecuencia, se sugiere la incorporación de cal hidratada en proyectos asfálticos con el fin de potenciar el rendimiento y la durabilidad de los pavimentos flexibles.
4. Es importante considerar el ciclo de vida de la estructura y no solo el costo inicial al evaluar los costos de capital, para mejorar la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos. Además, el ciclo de vida debe ser lo suficientemente largo para cubrir el desempeño del diseño nuevo o de la conservación y rehabilitación, e incluir al menos una actividad relevante de conservación o rehabilitación para cada opción.

REFERENCIAS

- Kikut, et al. (2020) Beneficios del uso de cal hidratada en mezclas asfálticas: Revisión del estado del arte. *Infraestructura Vial*. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.15517/iv.v22i39.41618>
- Bastidas, et al. (2016) *Optimization of the hydrated lime-modified asphalt content in dense asphalt mixes*. *Asfaltos y Pavimentos* 2015, 31: 55-64.
- Azedin, et al. (2022) *Thermal Properties of Hydrated Lime-Modified Asphalt Concrete and Modelling Evaluation for Their Effect on the Constructed Pavements in Service*. Russia.
- Sacramento, et al. (2010) *Material-specific effects of hydrated lime on the properties and performance behavior of asphalt mixtures and asphaltic pavements*. *Construction and Building Materials Volume 24, Issue 4, April 2010*, Pages 538-544.
- BARDALES, Katty. Tipos de patologías y mantenimiento del pavimento flexible en la avenida Tantamayo San Martín de Porres. Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería. 2019. pp. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/60773>
- BERMEJO, Carlos (2020) Diseño de asfalto en caliente con la incorporación de cal hidratada por vía seca. Tesis (para optar el título de ingeniero civil). Colombia. Universidad de Colombia, Facultad de Ingeniería y Arquitectura. Disponible en: <https://www.sepup.une.edu.eh/handle/25033/23876>
- KHAFAJI, et al. (2018) *Research essay for the behavior of asphalt mixtures modified by additive combinations (hydrated lime, polypropylene, Iraq. University Babylon*. Disponible en: <https://iop.org/article/12.10831757-849X/46/1/04620/1>. pd

- Bouron S., et al (2021) Mejora de la durabilidad de mezclas asfálticas con cal hidratada: resultados de campo de la autopista A84. Estudios de Casos en Materiales de Construcción, 14, art. No. e00551. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2021.e00551>
- Lesueur, D. y col. (2022). Mejora de la durabilidad de las mezclas asfálticas con cal hidratada: resultados de campo de secciones francesas recientes. En: Di Benedetto, H., Baaj, H., Chailleux, E., Tebaldi, G., Sauzéat, C., Mangiafico, S. (eds) Actas del Simposio internacional RILEM sobre materiales bituminosos. ISBM 2020. Serie de libros RILEM, vol 27. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-46455-4_133
- Wenjing Zhou, et al (2021) "Efectos de la cal hidratada sobre las propiedades reológicas a alta temperatura del asfalto modificado de alta viscosidad", Avances en ciencia e ingeniería de materiales. <https://doi.org/10.1155/2021/4732799>
- Şengül, CE, Ayyıldız, D., İskender, E. y Aksoy, A. (2022). "El efecto de las formas y proporciones de mezcla de cal hidratada sobre el rendimiento de pavimentos asfálticos". Teknik Dergi, 33 (4), 12243-12263. DOI: 10.18400/tekderg.902668
- Qinghua Wei, et al (2022), *Experimental study of temperature effect on the mechanical tensile fatigue of hydrated lime modified asphalt concrete and case application for the analysis of climatic effect on constructed pavement*, *Case Studies in Construction Materials*. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01622>.
- Iwanski MM. (2020). Efecto de la cal hidratada sobre el módulo de rigidez a la tracción indirecta del hormigón asfáltico producido con tecnología de mezcla medio tibia. Materiales; Disponible: <https://doi.org/10.3390/ma13214731>
- Sebaaly, et al. (2016) *The Benefits of Hydrated Lime in Hot Mix Asphalt*. University of Nevada, Reno

- Al-khafaji, et al (2019). *Investigative tests on the performance of asphaltic mixtures modified by additive combinations (hydrated lime and polypropylene)*.
- Mondal, A., et al. (2023) Efecto sinérgico de la cal hidratada y el aditivo asfáltico de mezcla tibia sobre las propiedades de la mezcla asfáltica reciclada sometida a envejecimiento en laboratorio. En t. J. Res. Pavimento. Tecnología. 16, 968–982 (2023). <https://doi.org/10.1007/s42947-022-00173-y>
- Hamzah, N., Mat Yusof, N., Derahman, A., Mohamad, M. (2022). Evaluación del Diseño de Mezclas Asfálticas en Caliente Modificadas con Cal Hidratada.
- En: Belayutham, S., Che Ibrahim, CKI, Alisibramulisi, A., Mansor, H., Billah, M. (eds) Actas de la Quinta Conferencia Internacional sobre Estructuras de Ingeniería Civil y Materiales de Construcción Sostenibles. SCESCM 2020. Apuntes de conferencias sobre ingeniería civil, vol 215. Springer, Singapur. https://doi.org/10.1007/978-981-16-7924-7_98
- Peerapong Jitsanigam, et al. (2018) Utilización sostenible de polvo de horno de cal como relleno activo en mezclas asfálticas en caliente con resistencia al daño por humedad. *Materiales y Tecnologías Sostenibles*.
- Huang, S.-C., et al. (200). Efecto de la cal hidratada sobre las características del envejecimiento oxidativo del asfalto a largo plazo. *Registro de investigación del transporte*, 1810 (1) ,17-24. <https://doi.org/10.3141/1810-03>
- Rahul R Pai, et al. (2020) *Applicability of Utilizing Stabilized Native Soil as a Subbase Course in Flexible Pavement*. *Indian Geotechnical Journal* volume 50, pages289–299.
- Tantaquilla Otiniano y Valdivia Julca (2019) Comparación entre las influencias de cal hidratada y aditivo Quim kd-40 para estabilización de suelos arcillosos como capa subrasante en pavimentos flexibles, Huamachuco- Cajabamba 2019. Universidad Privada del Norte.

- Durán Plata y Gil Vergara (2021) Estudio del comportamiento de mezclas asfálticas con 100% rap y adición de cal hidratada. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE COLOMBIA.
- Gutierrez Ventura, (2017) “Diseño de asfalto en caliente mejorado con el uso de cal hidratada en la Av.Camino Dibos, ICA 2017” Universidad Cesar Vallejo.
- Ghanizadeh, AR, Salehi, M. y Jalali, F. (2023) Investigando el efecto de la estabilización con cal de la subrasante en la fatiga y la formación de surcos en los pavimentos flexibles mediante el análisis empírico-mecanicista no lineal. *Geotech Geol Eng* 41, 1287–1307
<https://doi.org/10.1007/s10706-022-02336-x>
- Majumder, M., Venkatraman, S. (2022) Utilization of the Lime as Subgrade Stabilizer in the Pavement Construction. *Arab J Sci Eng* 47, 4929–4942.
<https://doi.org/10.1007/s13369-021-06291-2>
- Mohsen Salehi, Meysam Bayat, Mohsen Saadat & Masoud Nasri (2022) Prediction of unconfined compressive strength and California bearing capacity of cement- or lime-pozzolan-stabilised soil admixed with crushed stone waste, *Geomechanics and Geoengineering*.
- Vargas Barrantes, (2016) Efecto en la resistencia al daño por humedad de la mezcla asfáltica en caliente al añadir cal y nanocal hidratada. Universidad de Costa Rica.
- Qinghua Wei, et al. (2022) Experimental study of temperature effect on the mechanical tensile fatigue of hydrated lime modified asphalt concrete and case application for the analysis of climatic effect on constructed pavement, *Case Studies in Construction Materials*, Volume 17.
<https://doi.org/10.1016/j.cscm.2022.e01622>.
- Quispe Martinez, (2018) “Influencia de la adición de cal hidratada o cemento a la estabilidad y fluencia dentro del diseño mezcla asfáltica en caliente, Pilcomayo - 2018” UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS.

ANEXOS

ANEXO 01

TABLA DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLES	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Diseño de Carpeta Asfáltica.	“La finalidad de los diseños de mezcla es la obtención de asfalto en caliente con un excelente desempeño para resistir fallas como deformaciones permanentes, fatiga térmica, por cargas y además la de proporcionar una resistencia al deslizamiento” (Acuario,2016, p.251).	Se realizaron estudios de mecánica de suelos para el diseño de mezcla asfáltica, se manejó los parámetros de diseño Marshall ASTM D 1559 y el Manual EG-2013, para poder determinar las cantidades propicias y cumplir con lo que estipula el manual y llegar al diseño permitido y ser valido para ser aplicado.	-Estudio de mecánica de suelo (Propiedades físicas, resistencia y permeabilidad).	• Análisis Granulométrico	Intervalo.
			- Parámetros de diseño de Marshall ASTM D 1559.	• Análisis granulométrico de los agregados (ASTM C136 – AASHTO T27 – MTC E204) • Equivalente de arena (ASTM D2419 – AASHTO T176 – MTC E114)	Razón.

				<ul style="list-style-type: none">• Peso específico de la muestra. (ASTM C128 – AASHTO T84 – MTC E205)• Mezcla de agregados. (MTC 2016)• Diseño de mezcla. (MTC 2016)• Aplicación del diseño de mezcla. (ASTM D6926)• Ensayo de estabilidad y flujo Marshall. (ASTM D6926).
--	--	--	--	---

<p>Cal Hidratada</p>	<p>En lo que concierne a la cal, esta es conocida como Óxido de Calcio (CaO), este genera un incremento de resistencia al suelo. (Ministerio de Vivienda, 2006).</p>	<p>La cal hidratada es un producto que reduce los índices del envejecimiento de los pavimentos, su objetivo es alterar las propiedades e incrementar su durabilidad, estabilidad para las mezclas asfálticas, para analizar la cal hidratada se tuvo en cuenta los porcentajes en (1.5%,2% y 2.5%) que se aplicó al diseño de mezcla y evaluar el comportamiento.</p>	<p>Proporción del porcentaje de Cal hidratada como estabilizador.</p>	<p>1.5% 2.0% 2.5%</p>	<p>Razón.</p>
----------------------	--	---	---	-------------------------------	---------------

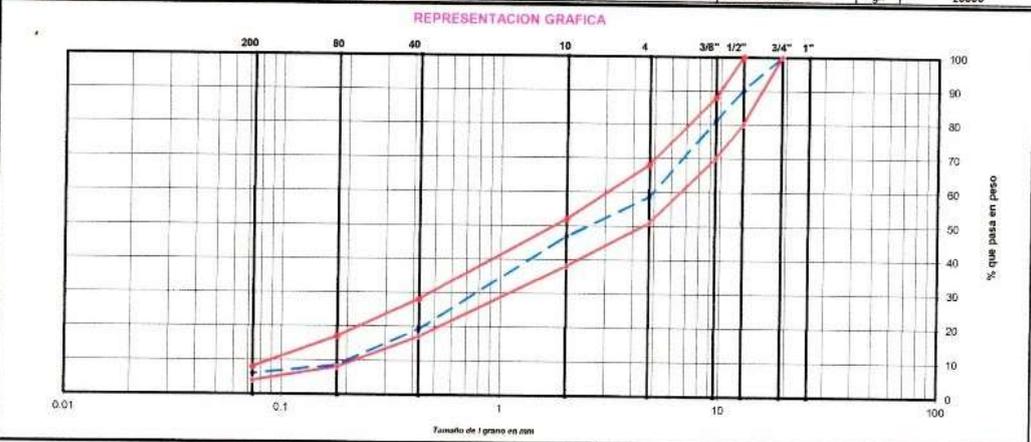
ANEXO N°2 INFORME DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO



CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 2802407071
 S.A. de Economía
 Calle Comercio
 25010000 Sullana, Perú
 Tel: 037 501000 Cel. Claro: 986279811 Cel. Movistar: 979100777
 Dirección: Calle Arequipa # 308 Bellavista Sullana - Perú
 Email: geopav_mantenc@hotmmail.com junior_castro@hotmail.com

OBRA	DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL HIDRATADA EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN LA PROVINCIA DE SULLANA	Realizado Por	: P.C.A.
CANTERA	ANCOSA [SOJO]	Revisado Por	: M.A.C.
SOLICITA	TESISTAS	Responsable	: M.C.G.
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO		FECHA	10/10/2023
DISEÑO CODIGO 06-18 SULLANA MAC-02 C.A. 4.5 %			

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO	
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200	N° 300	Peso Mat. S/Lavar	gr.
ABERTURA EN mm	19.000	12.700	9.700	4.750	2.000	0.425	0.18	0.075		Peso Mat. Lavado	gr.
PESO RETENIDO	gr.	1955	1800	4512	151.3	355	136.3	33.6	77.1	Peso Mat. Lav. + Filtro	gr.
RETENIDO PARCIAL	%	0	9.8	9.0	22.6	11.6	27.6	10.6	2.6	Peso de Asfalto	gr.
RETENIDO ACUMULADO	%	0	9.8	18.6	41.3	53.1	80.8	91.4	100.0	Peso inicial de Filtro	gr.
PASA	%	100.0	90.2	81.2	58.7	46.9	19.2	8.6	6.0	Peso final de Filtro	gr.
ESPECIFICACION	%	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	Peso de Filler	gr.
ASfalto LIQUIDO										FRACCION	%
TRAMO ASFALTADO										PESO TOTAL	gr.



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559						
BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACION
1) C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	4.5	4.5	4.5	4.5	
2) AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	39.47	39.47	39.47		
3) AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	54.59	54.59	54.59		
4) FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.43	1.43	1.43		
5) PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011		
6) PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.620	2.620	2.620		
7) PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.655	2.655	2.655		
8) PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		2.930	2.930	2.930		
9) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1208.0	1200.0	1202		
10) PESO DE BRIQUETA+PARAFINA AL AIRE	gr	1210.6	1208.0	1214.0		
11) PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN AGUA	gr	706.1	705.6	712.3		
12) VOLUMEN DE LA BRIQUETA+PARAFINA (10-11)	c.c.	504.5	502.4	501.7		
13) PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr					
14) VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.					
15) VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	504.5	502.4	501.7		
16) PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.394	2.389	2.393	2.393	
17) PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041		2.590	2.590	2.590		
18) VACIOS (17-16)*100/17	%	7.5	7.8	7.5	7.6	3 - 6
19) PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2/6)+(3/7)+(4/8))		2.644	2.644	2.644		
20) V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	13.5	13.7	13.5	13.6	Min. 14
21) VACIOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	44.2	43.4	44.4	44.0	
22) PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17)-(1/5))		2.795	2.795	2.795		
23) C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*5-(22-19)/(22*19))	%	2.07	2.07	2.07		
24) CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-23*(2+3+4)/100		2.52	2.52	2.52		
25) FLUJO	mm	2.29	1.78	2.54	2.20	2 - 4
26) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1082.3	999.0	992.9		
27) FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.04	1.04	1.04		
28) ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1128	1038	1033	1066	Min. 815
29) ESTABILIDAD-FLUJO		4924	5643	4066	4944	1700 - 4000
30) RELACION POLVO / ASFALTO		2.38	2.38	2.38	2.38	0.6 - 1.8

OBSERVACIONES:
 Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA"
 Arena triturada" Cantera " ANCOSA "
 Arena Zarandeada 3/16" Cantera " Santa Cruz "
 Relleno mineral FILLER (CAL)

35.0%
50.0%
15.0%
0.4%

MANUEL CASTRO GALLO
 TECNICO DE SUELOS Y PAVIMENTO
 SENADO CALIDAD



CONSULTGEOPAV SAC

Ing. Manuel Pien Diego Castro Vallata
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 231140



CONSULTGEOPAV SAC

PROYECTO DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL HIDRATADA EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN LA PROVINCIA DE SULLANA

Realizado Por : P.C.A.

Revisado Por : M.A.C.

Muestreo : Laboratorio

Responsable : M.C.G.

Fecha : RESISTAS

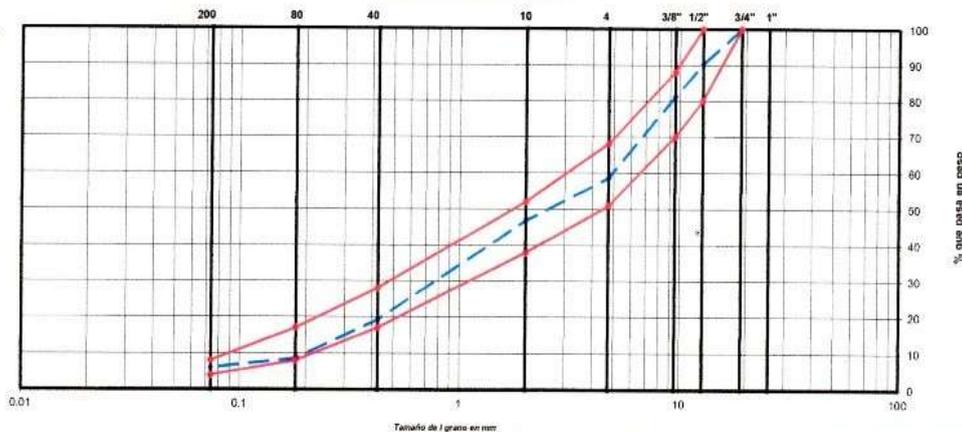
FECHA 10/10/2023

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

DISEÑO N° 05 MAC-02 C.A. 6.0 %

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO		
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200	-N°200	Peso Mat. S/Lavar	gr.	
ABERTURA EN mm	19.050	12.700	9.525	4.760	2.000	0.425	0.18	0.074		Peso Mat. Lavado	gr.	
PESO RETENIDO		1955	1800	4512	1513	355	136.3	33.6	77.1	Peso Mat. Lav. +Filtro	gr.	
RETENIDO PARCIAL	%	9.8	9.0	22.6	11.8	27.6	10.6	2.6	6.0	Peso de Asfalto	gr.	
RETENIDO ACUMULADO	%		9.8	18.8	41.3	53.1	60.6	94.0	100.0	Peso inicial de Filtro	gr.	
PASA	%	100.0	90.2	81.2	58.7	46.9	19.2	8.6	6.0	Peso final de Filtro	gr.	
ESPECIFICACION	%	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	Peso de Filler	gr.	8.4087
ASFALTO LIQUIDO										FRACCION	%	753.3
TRAMO ASFALTADO										PESO TOTAL	gr.	20000

REPRESENTACION GRAFICA



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACION
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.0	6.0	6.0	6.0	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	38.85	38.85	38.85		
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	53.74	53.74	53.74		
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.41	1.41	1.41		
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011		
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.600	2.600	2.600		
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.635	2.635	2.635		
8 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		3.000	3.000	3.000		
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1232.0	1240.9	1241.3		
10 PESO DE BRIQUETA+PARAFINA AL AIRE	gr	1233.0	1241.8	1242.6		
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN AGUA	gr	725.4	729.9	731.5		
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA+PARAFINA (10-11)	c.c.	507.6	511.7	511.1		
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr.					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	507.6	511.7	511.1		
16 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.	2.427	2.423	2.429	2.426	
17 PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D 2041		2.512	2.512	2.512		
18 VACIOS (17-16)/100*17	%	3.4	3.5	3.3	3.4	3 - 5
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2/6)+(3/7)+(4/8)		2.625	2.625	2.625		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	13.1	13.2	13.0	13.1	Min. 14
21 VACIOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	74.1	73.3	74.5	74.0	
22 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17)-(1/5)		2.775	2.775	2.775		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100/5)-(22-19)/(22-19)	%	2.08	2.08	2.08		
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(23)*(2+3+4)/100	%	4.04	4.04	4.04		
25 FLUJO	mm	3.18	3.30	3.18	3.22	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1318.3	1269.1	1200.8		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.04	1.00	1.00		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1371.1	1269	1201	1280	Min. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO		4318	3843	3762	3981	1700 - 4000
30 RELACION POLVO / ASFALTO		1.49	1.49	1.49	1.49	0.6 - 1.6

OBSERVACIONES:

- Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA" 35.0%
- Arena triturada Cantera "ANCOSA" 50.0%
- Arena Zarandeada 3/16" Cantera " Santa Cruz " 15.0%
- Relleno mineral FILLER (Cemento Portland) 0.0%
- 0.0%

MANUEL CASTRO CALLO
 TECNICO DE PAVIMENTO
 S.E. CANTONAL 03
 08 31 58 12



CONSULTGEOPAV SAC
 Ing. Manuel Castro Callo
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 2011 02



CONSULTGEOPAV SAC

RUC: 20002407021

CONSULTORIA S.R.L.

Geotecnia
Suelos y Pavimentos

Tel: 037 501000 Cel. Claro: 986279811 Cel. Movistar: 979195772

Dirección: Calle Arequipa # 308 Bellavista Sullana Piura
Email: geopav_mcastro@hotmail.com junior_castro@hotmail.com

PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041

Proyecto : **DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CA** Realizado Por : P.C.A.
 Material : **Mezcla Fisica de MAC-2** Revisado Por : M.A.C.
 Muestreo : **Laboratorio** Responsable. : M.C.G.
 SOLICITA **TESISTAS** FECHA **07-10-23**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5	6
CEMENTO ASFALTICO	%	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00
PESO DEL MATERIAL	Gr.	1243.6	1200.4	1208.9	1208.1	1203.6	1220.0
PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	Gr.	7705.0	7705.0	7705.0	7705.0	7705.0	7705.0
PESO DEL MATERIAL+FRASCO+AGUA (en aire)	Gr.	8948.6	8905.4	8913.9	8913.1	8908.6	8925
PESO DEL MATERIAL +FRASCO+AGUA (en agua)	Gr.	8459.0	8429.3	8427.3	8418.6	8407.3	8410.0
VOLUMEN DEL MATERIAL	c.c.	489.6	476.1	486.6	494.5	501.3	515.0
PESO ESPECIFICO MAXIMO	Gr/c.c.	2.540	2.521	2.484	2.443	2.401	2.369
TEMPERATURA DE ENSAYO	°C	25°C	25°C	25°C	25°C	25°C	25°C
GRAVA TRITURADA 3/4"	%	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
ARENA TRITURADA 1/2"	%	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	24.0
ARENA ZARANDEADA 3/16"	%	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	51.0
FILLER (CEMENTO PORTLAND)	%	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.0
TIEMPO DE ENSAYO	Min.	25'	25'	25'	25'	25'	25'
CORRECCION POR TEMPERATURA		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

OBSERVACIONES:


 MANUEL CASTRO GALLO
 TECNICO DE PAVIMENTOS
 SERVICIO TECNICO
 01 33 99 11




 CONSULTGEOPAV SAC
 Ing. Manuel Everet Diego Castro Vilca
 INGENIERO CIVIL
 C.O.P. Nº 294711



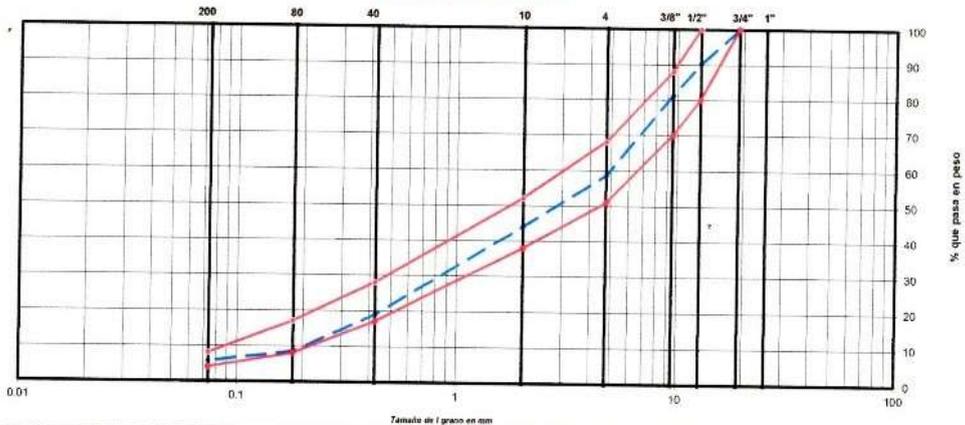
PROYECTO DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL HIDRATADA EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN LA PROVINCIA DE SULLANA
 Muestreo : Laboratorio
 Fecha TESISTAS
 Realizado Por : P.C.A.
 Revisado Por : M.A.C.
 Responsable : M.C.G.
 FECHA 07/10/2023

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

DISEÑO N° 05 MAC-02 C.A. 5.5 %

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO	
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200	+N°200	Peso Mat. S/Lavar	gr.
ABERTURA EN mm	19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.18	0.074		Peso Mat. Lavado	gr.
PESO RETENIDO		1955	1800	4512	186.9	324	133.6	36.2	72.6	Peso Mat. Lav. +Filtro	gr.
RETENIDO PARCIAL	%	9.8	9.0	22.6	14.6	25.2	10.4	2.8	5.7	Peso de Astallo	gr.
RETENIDO ACUMULADO	%	9.8	18.8	41.3	55.9	81.1	91.5	94.3	100.0	Peso Inicial de Filtro	gr.
PASA	%	100.0	90.2	61.2	50.7	44.1	18.9	8.5	5.7	Peso final de Filtro	gr.
ESPECIFICACION	%	100	80 - 100	70 - 88	61 - 68	38 - 62	17 - 28	8 - 17	8 - 8	Peso de Filer	gr.
ASFALTO LIQUIDO											8.4087
TRAMO ASFALTADO										FRACCION	%
											753.3
										PESO TOTAL	gr.
											20000

REPRESENTACION GRAFICA



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACION
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.5	5.5	5.5	5.5	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	39.06	39.06	39.06	39.06	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	54.02	54.02	54.02	54.02	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.42	1.42	1.42	1.42	
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011	1.011	
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.600	2.600	2.600	2.600	
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.635	2.635	2.635	2.635	
8 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		3.000	3.000	3.000	3.000	
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1244.0	1247.0	1244		
10 PESO DE BRIQUETA + PARAFINA AL AIRE	gr	1246.0	1250.0	1246.0		
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN AGUA	gr	721.9	725.9	721.1		
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (10-11)	c.c.	524.1	524.1	524.9		
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr.					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	524.1	524.1	524.9		
16 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.	2.374	2.378	2.376	2.374	
17 PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041		2.484	2.484	2.484		
18 VACIOS (17-16)*100/17	%	4.5	4.2	4.6	4.4	3 - 5
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2+6)+(3/7)+(4/8))		2.625	2.625	2.625		
20 V.M.A. 100*(2+3+4)/(16*19)	%	14.6	14.4	14.7	14.5	Min. 14
21 VACIOS LLENOS CON C.A. 100*(20-16)/20	%	69.4	70.5	69.8	69.5	
22 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17)+(1/5))		2.715	2.715	2.715		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*5)/(22-19)/(22-19)	%	1.27	1.27	1.27		
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(23)*(2+3+4)/100	%	4.30	4.30	4.30		
25 FLUJO	mm	3.38	3.68	3.30	3.45	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1274.1	1356.5	1270.1		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	0.96	0.98	0.96		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1223	1302	1218	1248	Min. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO		3624	3536	3693	3618	1700 - 4900
30 RELACION POLVO / ASFALTO		1.31	1.31	1.31	1.31	0.6 - 1.3

OBSERVACIONES:

- Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA" 35.0%
- Arena triturada" Cantera "ANCOSA" 50.0%
- Arena Zarandeada 3/16" Cantera " Santa Cruz" 15.0%
- Re lleno mineral FILLER (Cemento Portland) 0.0%

MANUEL CASTRO GALLO

TECNICO DE INGENIERIA EN PAVIMENTO
 DEL INSTITUTO VARIADO



CONSULTGEOPAV SAC
 Ing. Manuel Castro Gallo
 INGENIERO CIVIL



CONSULTGEOPAV SAC
S.A.S. - C.R. 20172427241

PROYECTO DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL HIDRATADA E
 Material : Mezcla Fisica de MAC-2
 Muestreo : Laboratorio
 Fecha : TESTISTAS

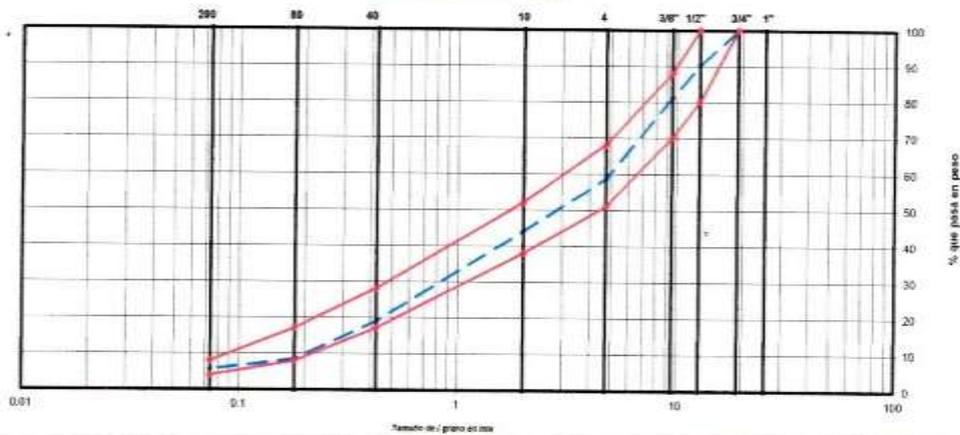
Realizado Por : P.C.A.
 Revisado Por : M.A.C.
 Responsable : M.C.G.
 FECHA : 07/10/2023

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

DISEÑO N° 04 MAC-02 C.A. 7.0 %

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO	
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 60	N° 200	N° 300	Peso Mat. SiLavar	gr
ABERTURA EN mm	19.000	12.500	9.500	4.750	2.000	0.425	0.18	0.075		Peso Mat. Lavado	gr
PESO RETENIDO	gr	1855	1800	4512	186.9	304	133.6	36.2	72.8	Peso Mat. Lav + Filtro	gr
RETENIDO PARCIAL	%	9.8	9.0	22.6	14.6	25.2	10.4	2.8	5.7	Peso de Asfalto	gr
RETENIDO ACUMULADO	%	9.8	18.8	41.3	55.9	81.1	91.5	94.3	100.0	Peso inicial de Filtro	gr
PASA	%	100.0	90.2	81.2	56.7	44.1	18.9	8.5	5.7	Peso final de Filtro	gr
ESPECIFICACION	%	100	90 - 100	70 - 90	51 - 60	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	Peso de Filler	gr
ASFALTO LIQUIDO										FRACCION	%
TRAMO ASFALTADO										PESO TOTAL	gr

REPRESENTACION GRAFICA



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACION
1) C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	7.0	7.0	7.0	7.0	
2) AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	38.44	38.44	38.44		
3) AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	52.70	52.70	52.70		
4) FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00		
5) PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011		
6) PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.600	2.600	2.600		
7) PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.635	2.635	2.635		
8) PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		3.000	3.000	3.000		
9) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1206.2	1211.8	1211.2		
10) PESO DE BRIQUETA+PARAFINA AL AIRE	gr	1208.7	1212.2	1211.4		
11) PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN AGUA	gr	884.9	886.2	888.9		
12) VOLUMEN DE LA BRIQUETA+PARAFINA (10-11)	c.c	523.8	525.9	522.5		
13) PESO DE LA PARAFINA (10-8)	gr					
14) VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c					
15) VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c	533.8	525.9	522.8		
16) PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c	2.287	2.304	2.310	2.310	
17) PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041		2.389	2.369	2.369		
18) VACIOS (17-16)/(16)/17	%	3.8	2.7	2.1	2.8	2 - 4
19) PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(28)/(3/7)+(4/8)		2.820	2.820	2.820		
20) V.M.A. 100(2+3+4)/(16/19)	%	19.8	19.8	19.4	19.7	Min. 14
21) VACIOS LLENOS CON C.A. 100(20-18)/20	%	88.7	86.2	88.9	87.3	
22) PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17)-(1/5)		2.560	2.583	2.583		
23) C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100/5)(22-19)/(22-19)	%	-4.98	-4.98	-4.98		
24) CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1/(23)(2+3+4)(100)	%	7.61	7.91	7.81		
25) FLUJO	mm	3.81	3.56	3.58	3.64	2 - 3.6
26) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1072.7	1026.9	1007.3		
27) FACTOR DE ESTABILIDAD	K	0.98	0.98	1.00		
28) ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1030	985	1007	1007	Min. 815
29) ESTABILIDAD FLUID		2763	2770	2830	2788	1700 - 4800
30) RELACION POLVO : ASFALTO		0.75	0.75	0.75	0.75	0.6 - 1.6

OBSERVACIONES:
 Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA" 35.0%
 Arena triturada" Cantera " ANCOSA " 50.0%
 Arena Zarandeada 3/16" Cantera " Santa Cruz " 15.0%
 Relleno mineral FILLER (Cemento Portland) 0.0%
 0.0%

MANUEL CASTRO CALLO
 INGENIERO CIVIL
 C.R. N° 20172427241



CONSULTGEOPAV SAC
 Ing. Manuel Castro Callo
 INGENIERO CIVIL
 C.R. N° 20172427241



CONSULTGEOPAV SAC
 RUC: 2052427021
 DERECHOS RESERVADOS

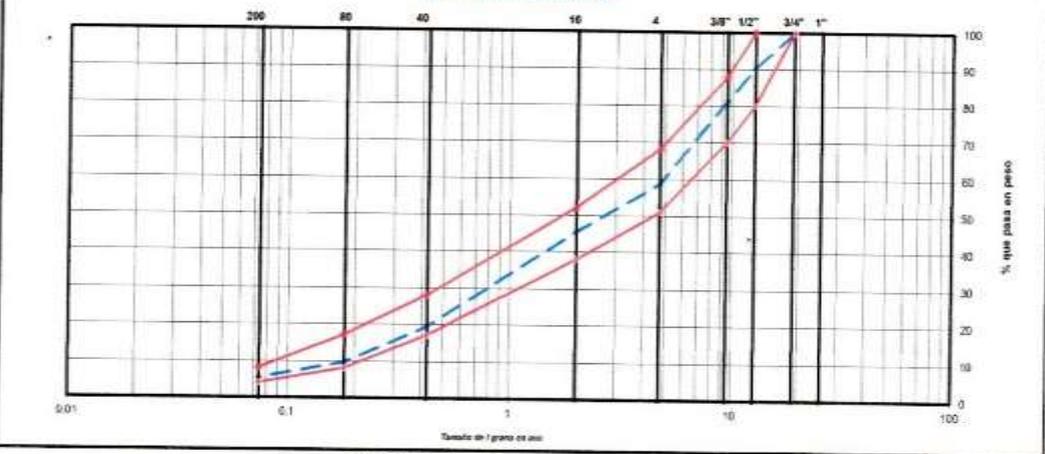
PROYECTO: DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL HIDRATADA EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN LA PROVINCIA DE SULLANA
 Realizado Por: P.C.A.
 Revisado Por: M.A.C.
 Responsable: M.C.G.
 Muestreo: Laboratorio
 FECHA: 05/10/2023
 SOLICITA: TESISTAS

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

DISEÑO PATRON MAC-02 C.A. 5.0 %

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO	
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	Nº 298	Peso Mat. S.Lavado	gr
ABERTURA EN mm	19.250	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.150	0.075	0.075	Peso Mat. Lavado	gr
PESO RETENIDO	gr	1955	1820	4512	158	336	126	55.0	88.3	Peso Mat. Lim + Filtro	gr
RETENIDO PARCIAL	%	9.8	9.0	22.6	13.1	26.2	9.5	4.3	5.3	Peso de Asfalto	gr
RETENIDO ACUMULADO	%	9.8	18.8	41.3	54.4	80.6	90.4	94.7	100.0	Peso inicial de Filtro	gr
PASA	%	100.0	90.2	81.2	66.7	43.8	19.4	9.5	5.3	Peso final de Filtro	gr
ESPECIFICACION	%	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	35 - 62	17 - 28	5 - 17	4 - 8	Peso de Filtro	gr
ASFALTO LIQUIDO										FRACCION	%
TRAMO ASFALTADO											753.3
										PESO TOTAL	gr
											30000

REPRESENTACION GRAFICA



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACION
1) C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.0	5.9	5.9	5.9	
2) AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	39.27	39.27	39.27	39.27	
3) AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	55.73	55.73	55.73	55.73	
4) FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
5) PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011		
6) PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.600	2.600	2.600		
7) PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.635	2.635	2.635		
8) PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		2.930	2.930	2.930		
9) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1197.6	1188.8	1199.8		
10) PESO DE BRIQUETA+PARAFINA AL AIRE	gr	1198.8	1189.8	1200.9		
11) PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN AGUA	gr	682.0	676.5	683.5		
12) VOLUMEN DE LA BRIQUETA+PARAFINA (10-11)	c.c.	516.6	511.1	517.4		
13)	gr					
14)	c.c.					
15) VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	518.8	511.1	517.4		
16) PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9-15)	gr/cc	2.318	2.328	2.319	2.321	
17) PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041		2.490	2.490	2.490		
18) VACIOS (17-16)/(16-17)	%	6.9	6.8	6.9	6.9	3 - 8
19) PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2+3+4+8)		2.620	2.620	2.620		
20) V.M.A. 100-(2+3+4)/(16-18)	%	16.8	15.7	15.9	16.0	Min. 14
21) VACIOS LLENOS CON C.A. 100-(20-18)/20	%	58.7	57.9	58.9	58.7	
22) PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100-17)/(15)		2.888	2.888	2.888		
23) C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100-5)/(22-19)/(22-19)	%	1.11	1.11	1.11		
24) CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(23)(2+3+4)/100		3.95	3.95	3.95		
25) FLUJO	mm	2.54	2.79	3.05	2.79	2 - 4
26) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1080.2	1150.8	1117.5		
27) FACTOR DE ESTABILIDAD	X	1.00	1.00	1.00		
28) ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1080	1151	1117	1109	Min. 815
29) ESTABILIDAD-FLUJO		4174	4716	3666	3986	1700 - 4000
30) RELACION POLVO / ASFALTO		1.35	1.35	1.35	1.35	0.6 - 1.8

OBSERVACIONES:
 Grava filtrada 1/2" Cartera "ANCOSA" 35.0%
 Arena filtrada" Cartera " ANCOSA" 50.0%
 Arena Zarandeada 3/16" Cartera " PTE LOS SERRANO 15.0%
 Rebleno mineral FILLER (Cemento Portland) 0.0%
 0.0%

MANUEL CASTRO GALLO
 TECNICO DE ENSAYOS Y PROMEDIO
 DE LABORATORIO



CONSULTGEOPAV SAC
 Ing. Manuel Castro Villalba
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. Nº. 20.12.19



CONSULTGEOPAV SAC

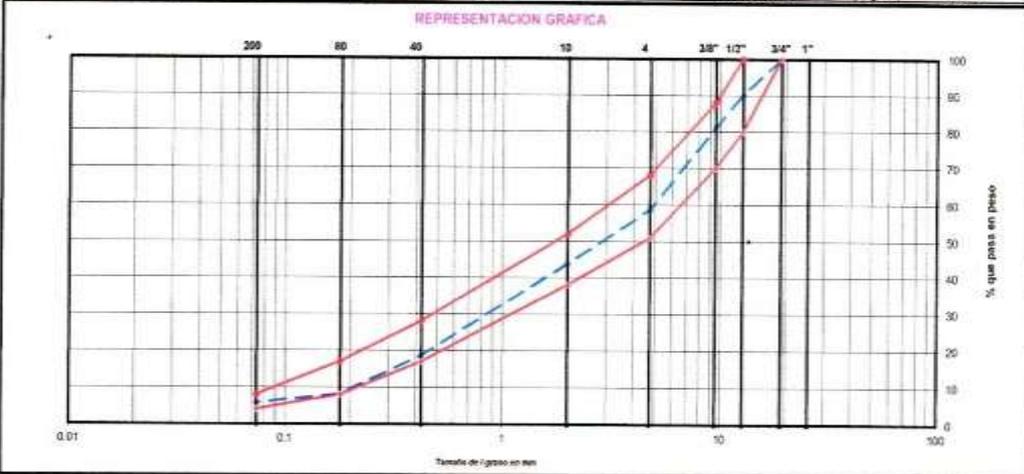
RUC: 2002402021
 Calle Comercio 1115
 P.O. Box 105, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia
 Tel: 037 501000 Cel: 037 98227011 Cel Movistar: 070100272
 Dirección: Calle Arceopista # 308 Pte. Barrios, Sucre, Bolivia
 Email: geopav@consultgeopav.com geopav@consultgeopav.com

OBRA	DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL HIBRATADA EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN LA PROVINCIA DE SULLANA	Realizado Por	: P.C.A.
CANTERA	ANCOÑA [SOJO]	Revisado Por	: M.A.C.
SOLICITA	TESTISTAS	Responsable	: M.C.G.
		FECHA	07/10/2023

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

DISEÑO CODIGO 06-18 SULLANA MAC-02 C.A. 4.5 %

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO		
TAMIZ ASTM		3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 60	Nº 200	Nº 280	Peso Mat. S/Lavar	gr.
ABERTURA EN mm		19.00	12.50	9.75	4.75	2.00	0.425	0.18	0.075		Peso Mat. Lavado	gr.
PESO RETENIDO	gr.		1955	1800	4512	190	324	133.6	31.6	74.1	Peso Mat. Lav + Filtro	gr.
RETENIDO PARCIAL	%	0	9.8	9.0	22.6	14.8	25.2	10.4	2.5	5.8	Peso de Asfalto	gr.
RETENIDO ACUMULADO	%	0	9.8	18.8	41.3	56.1	81.4	91.6	94.2	100.0	Peso inicial de Filtro	gr.
PASA	%	100.0	90.2	81.2	58.7	43.9	18.6	8.2	5.8		Peso final de Filtro	gr.
ESPECIFICACION	%	100	88 - 100	78 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8		Peso de Filtro	gr.
ASFALTO LIQUIDO												13.303
FRACCION	%											753.3
TRAMO ASFALTADO												20000



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICADO
1) C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	4.5	4.5	4.5	4.5	
2) AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 4	%	28.47	28.47	28.47	28.47	
3) AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4	%	64.59	64.59	64.59	64.59	
4) FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.43	1.43	1.43	1.43	
5) PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011		
6) PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.600	2.600	2.600		
7) PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.635	2.635	2.635		
8) PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		3.000	3.000	3.000		
9) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1199.0	1209.0	1202.3		
10) PESO DE BRIQUETA+PARAFINA AL AIRE	gr	1204.1	1204.9	1205.9		
11) PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN AGUA	gr	682.9	684.3	684.9		
12) VOLUMEN DE LA BRIQUETA+PARAFINA (10-11)	c.c	511.2	510.6	511.0		
13) PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr.					
14) VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c					
15) VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c	511.2	510.6	511.0		
16) PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c	2.345	2.380	2.363	2.349	
17) PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041		2.540	2.540	2.540		
18) VACIOS (17-16)/100*17	%	7.7	7.9	7.4	7.6	3 - 5
19) PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2/6)+(3/7)+(4/8)		2.825	2.825	2.825		
20) V.M.A. 100-(2+3+4)/(18/19)	%	14.7	14.8	14.4	14.5	Min. 14
21) VACIOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	47.3	48.8	48.8	48.4	
22) PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(18/19)+(1/3)		2.738	2.738	2.738		
23) C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(5)-(22-19)/(22-19)	%	1.58	1.58	1.58		
24) CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(23)*(2+3+4)/100	%	3.02	3.02	3.02		
25) FLUIDO	mm	2.29	2.03	2.03	2.12	2 - 4
26) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	983.9	989.9	972.8		
27) FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00		
28) ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	984	989	973	985	Min. 815
29) ESTABILIDAD FLUIDO		4300	4306	4788	4869	1700 - 4000
30) RELACION POLVO / ASFALTO		1.91	1.91	1.91	1.91	0.6 - 1.3

OBSERVACIONES:
 Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOÑA" 35.0%
 Arena triturada" Cantera "ANCOÑA" 50.0%
 Arena Zarandeada 3/16" Cantera " Santa Cruz" 15.0%
 Relleno mineral FILLER (CAL) 0.0%

MANUEL CASTRO CALLO
 TECNICO DE PAVIMENTOS
 28-DUNAMIS



CONSULTGEOPAV SAC
 Ing. Manuel Ezequiel Diego Castro Villalta
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 294740



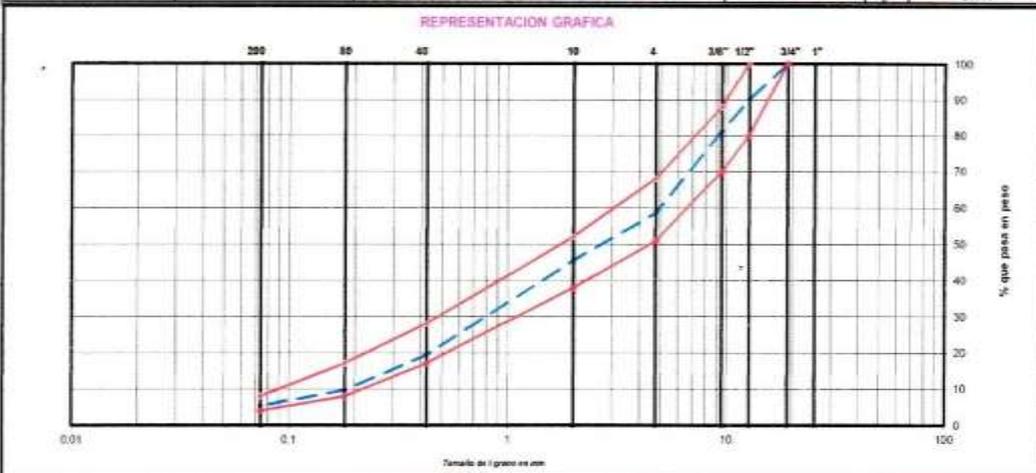
CONSULTGEOPAV SAC

PROYECTO DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL HIDRATADA EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN LA PROVINCIA DE SULLANA Realizado Por : P.C.A.
 Revisado Por : M.A.C.
 Muestreo : Laboratorio Responsable : M.C.G.
 Fecha TESTISTAS FECHA 05/10/2023

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

DISEÑO PATRON MAC-02 C.A. 5.5 %

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO	
TAMIZ ASTM	34"	12"	38"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 60	Nº 200	Nº 250	Peso Mat. S/Lavar	gr.
ABERTURA EN mm	19.000	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.25	0.075		Peso Mat. Lavado	gr.
PESO RETENIDO		1905	1909	4512	168	335	126	55.0	58.3	Peso Mat. Lav + Filtro	gr.
RETENIDO PARCIAL	%	9.8	9.0	22.6	13.1	29.2	9.8	4.3	5.3	Peso de Asfalto	gr.
RETENIDO ACUMULADO	%		9.8	18.6	41.3	54.4	60.4	64.7	100.0	Peso inicial de Filtro	gr.
PASA	%	100.0	90.2	81.2	58.7	45.6	19.4	9.6	5.3	Peso final de Filtro	gr.
ESPECIFICACION	%	100	80 - 100	70 - 90	51 - 60	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 9	Peso de Filler	gr.
ASFALTO LIQUIDO										FRACCION	%
TRAMO ASFALTADO										PESO TOTAL	gr.



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACION
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.5	5.5	5.5	5.5	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 4	%	39.09	39.09	39.09		
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4	%	50.44	50.44	50.44		
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00		
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011		
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.600	2.600	2.600		
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.635	2.635	2.635		
8 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		3.000	3.000	3.000		
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr.	1198.0	1200.1	1197		
10 PESO DE BRIQUETA+PARAFINA AL AIRE	gr.	1204.2	1205.3	1203.8		
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN AGUA	gr.	891.8	894.0	893.0		
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA+PARAFINA (10-11)	c.c.	512.4	511.3	510.8		
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr.					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Po parafina)	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPLAZAMIENTO (12-14)	c.c.	512.4	511.3	510.8		
16 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9*15)	gr/c.c.	2.338	2.347	2.344	2.343	
17 PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041		2.454	2.454	2.454		
18 VACIOS (17-16)*100/17	%	4.7	4.4	4.5	4.5	3 - 5
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)(20+3+7)+(4&6)		2.820	2.830	2.820		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	15.7	15.4	15.5	15.5	Mín. 14
21 VACIOS LLENOS COW.C.A. 100*(20-18)/20	%	88.9	71.8	71.8	70.8	
22 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)(100/17)+(15)		2.677	2.677	2.677		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(5)(22-19)/(22*19)	%	0.81	0.81	0.81		
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)		4.73	4.73	4.73		
25 FLUIDO	mm	3.00	3.08	3.08	3.07	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1194.8	1195.8	1228.9		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	%	1.00	1.00	1.00		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1195	1196	1227	1206	Mín. 915
29 ESTABILIDAD-FLUIDO		3953	3963	3450	3889	1700 - 4000
30 RELACION POLVO / ASFALTO		1.12	1.12	1.12		0.8 - 1.5

OBSERVACIONES:
 Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA" 35.0%
 Arena triturada Cantera "ANCOSA" 50.0%
 Arena Zarandeada 3/16" Cantera " PTE LOS SERRANO 15.0%
 Relleno mineral FILLER (Cemento Portland) 0.0%

MANUEL CASTRO GALLO
 TECNICO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 SESION 0002



CONSULTGEOPAV SAC
 Ing. Manuel Castro Gallo
 INGENIERO CIVIL
 O.S.B. Nº 20517



CONSULTGEOPAV SAC

RUC: 20002407021

Manuel Castro Gallo

Manuel Castro Gallo

Tel: 037 501000 Cel. Claro: 986270811 Cel. Movistar: 970105222

Dirección: Calle Arequipa # 308 Bellavista Sullana - Piura

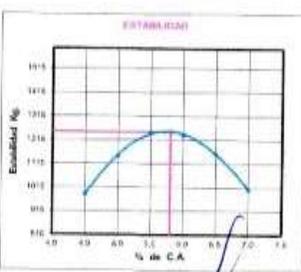
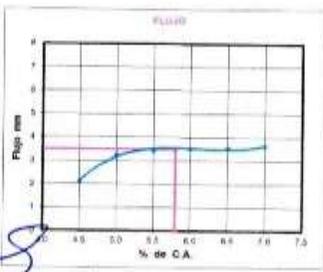
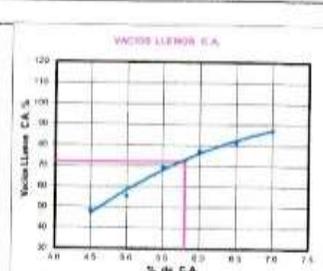
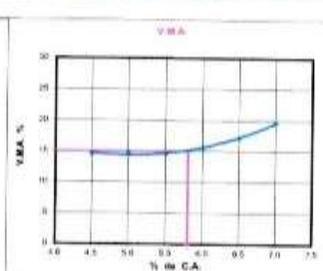
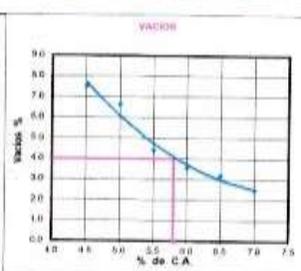
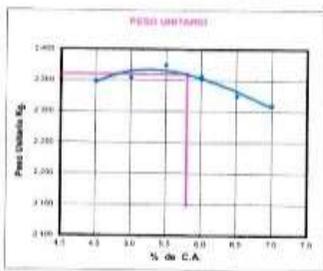
Email: geopav_castro@hotmail.com junior_castro@hotmail.com

CONTROL DE CALIDAD

DETERMINACION DEL OPTIMO CONTENIDO DE ASFALTO (CAL 1,5 %)

OBRA :	DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL HIDRATADA EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN LA PROVINCIA DE SULLANA		
UBICACION	CAL = 1,5 %	Alternativa :	N° - D-02
SOLICITA		Fecha de Ensayo :	07/10/2023
Material	MEZCLA ASFALTICA EN CALIENTE	Realizado por :	GILMER MANRIQUE C
Ubic. del muestreo :	CANTERA SOJO	Revisado por :	JUNIOR CASTRO AGUIRRE
Cantera :	SOJO ANCOSA	Responsable :	MANUEL CASTRO GALLO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO



RESUMEN DE RESULTADOS (Diseño cal = 1,5 %)				
	-0.35%	OPTIMO % de C.A.	0.30%	ESPECIFICACION
GOLPES POR LADO		75		75
CEMENTO ASFALTICO		5.80		(+/- 0.2%)
PESO UNITARIO		2350		
VACIOS		4.0		3 - 5
V.M.A.		15.0		Min 14
VACIOS LLENOS CON C.A.		72.0		
FLUJO		1350		2 - 4.0
ESTABILIDAD		1280		Min. 815
ESTABILIDAD / FLUJO		1871		1700 - 4000
INDICE DE COMPACTIBILIDAD				
ESTABILIDAD RETENIDA				
Finos / Ligante		1.00		
DISTRIBUCION				
Grava triturada 10"	Cantera "ANCOSA"	35.0 %		
Arena triturada	Cantera "ANCOSA"	50.0 %		
Arena Zeramizada 3/16"	Cantera " Santa Cruz "	13.8 %		
Rebano mineral FILLER (Cal Hidratada)		1.5 %		
Cemento Asfáltico de PEN 90/70		5.80 %		

MANUEL CASTRO GALLO
INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
SE. INGENIERIA CIVIL



CONSULTGEOPAV SAC
Ing. Manuel Castro Gallo
INGENIERO CIVIL
C.V.P. N° 34740



CONSULTGEOPAV SAC

PROYECTO DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL
HIDRATADA EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN LA PROVINCIA DE SULLANA

Realizado Por : P.C.A.

Revisado Por : M.A.C.

Responsable : M.C.G.

Muestreo : Laboratorio

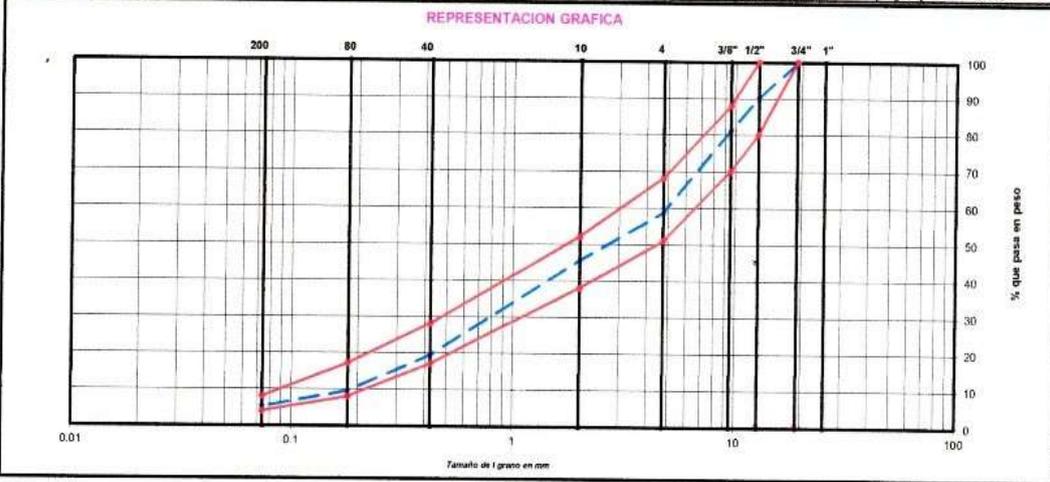
Fecha : TESTISTAS

FECHA 05/10/2023

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

DISEÑO PATRON MAC-02 C.A. 6.5 %

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO	
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 60	Nº 200	<Nº200	Peso Mat. S/Lavar	gr.
ABERTURA EN mm	19.000	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.18	0.075		Peso Mat. Lavado	gr.
PESO RETENIDO		1955	1800	4512	168	336	126	55	65.3	Peso Mat. Lav + Filtro	gr.
RETENIDO PARCIAL	%	9.8	9.0	22.6	13.1	26.2	9.8	4.3	5.3	Peso de Asfalto	gr.
RETENIDO ACUMULADO	%	9.8	18.8	41.3	54.4	80.6	90.4	94.7	100.0	Peso inicial de Filtro	gr.
PASA	%	100.0	90.2	81.2	56.7	45.6	19.4	9.6	5.3	Peso final de Filtro	gr.
ESPECIFICACION	%	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 62	17 - 28	8 - 17	4 - 8	Peso de Filler	gr.
ASFALTO LIQUIDO										FRACCION	%
TRAMO ASFALTADO											753.3
										PESO TOTAL	gr.
											20000



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACION
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.5	6.5	6.5	6.5	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 4	%	38.65	38.65	38.65	38.65	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4	%	54.85	54.85	54.85	54.85	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011	1.011	
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.600	2.600	2.600	2.600	
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.635	2.635	2.635	2.635	
8 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		3.000	3.000	3.000	3.000	
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1211.9	1213.3	1209.1	1209.1	
10 PESO DE BRIQUETA+PARAFINA AL AIRE	gr	1212.4	1213.6	1209.4	1209.4	
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN AGUA	gr	689.9	688.6	690.3	690.3	
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA+PARAFINA (10-11)	c.c.	522.5	525.0	519.1	519.1	
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	522.5	525.0	519.1	519.1	
16 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.319	2.311	2.329	2.329	
17 PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041		2.393	2.393	2.393	2.393	
18 VACIOS (17-16)*100/17	%	3.1	3.4	3.7	3.1	3 - 5
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2/6)+(3/7)+(4/5)		2.620	2.620	2.620	2.620	
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	17.2	17.8	18.9	17.2	Mín. 14
21 VACIOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	82.2	80.5	84.2	82.3	
22 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17)*(1/5)		2.644	2.644	2.644	2.644	
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(22-19)/(22*19)	%	0.35	0.35	0.35	0.35	
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(23)*(2+3+4)/(100)	%	6.17	6.17	6.17	6.17	
25 FLUJO	mm	3.56	3.81	3.56	3.64	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1115.6	1191.6	1173.7		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	Kg	1.00	0.86	1.00		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1115	1144	1174	1144	Mín. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO		3137	3003	3301	3147	1700 - 4000
30 RELACION POLVO / ASFALTO		0.86	0.86	0.86	0.86	0.6 - 1.6

OBSERVACIONES:

- Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA" 35.0%
- Arena triturada" Cantera " ANCOSA " 60.0%
- Arena Zarandeada 3/16" Cantera " PTE LOS SERRANO 15.0%
- Relleno mineral FILLER (Cemento Portland) 0.0%
- 0.0%

MANUEL CASTRO GALLO

TECNICO DE SUELOS Y PAVIMENTO
SULLANA



CONSULTGEOPAV SAC

Ing. Manuel Diego Castro Villalta
INGENIERO CIVIL
C.I.P. Nº 28412



CONSULTGEOPAV SAC

PROYECTO DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL HIDRATADA EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN LA PROVINCIA DE SULLANA

Realizado Por : P.C.A.
 Revisado Por : M.A.C.
 Responsable : M.C.G.
 FECHA : 10/10/2023

Muestreo : Laboratorio
 SOLICITA TESISTAS

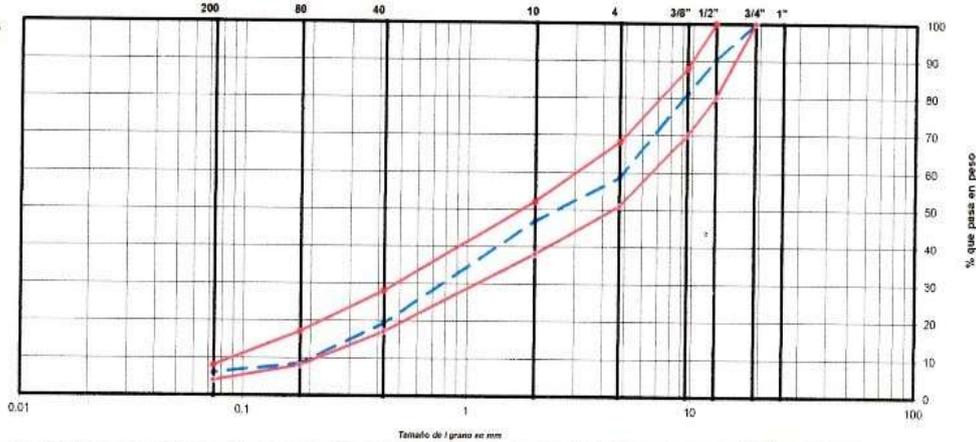
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

DISEÑO N° 05 MAC-02 C.A. 5.0 %

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO			
TAMIZ ASTM		3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200	<N°200			
ABERTURA EN mm		19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.18	0.074		Peso Mat. SLavar	gr	
PESO RETENIDO	gr.		1955	1800	4512	151.3	355	136.3	33.6	77.1	Peso Mat. Lavado	gr.	
RETENIDO PARCIAL	%		9.8	9.0	22.6	11.8	27.6	10.6	2.6	6.0	Peso Mat. Lav. + Filtro	gr.	
RETENIDO ACUMULADO	%		9.8	18.8	41.3	53.1	80.8	91.4	94.0	100.0	Peso de Asfalto	gr.	
PASA	%	100.0	90.2	81.2	58.7	46.9	19.2	8.6	6.0		Peso inicial de Filtro	gr.	
ESPECIFICACION	%	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8		Peso final de Filtro	gr.	
ASFALTO LIQUIDO											Peso de Filler	gr.	
FRACCION	%											8.4087	
TRAMO ASFALTADO											FRACCION	%	753.3
											PESO TOTAL	gr	20000

Metros Lineales:

REPRESENTACION GRAFICA



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACION
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.0	5.0	5.0	5.0	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	39.27	39.27	39.27	39.27	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	54.31	54.31	54.31	54.31	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.43	1.43	1.43	1.43	
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011	1.011	
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.600	2.600	2.600	2.600	
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.635	2.635	2.635	2.635	
8 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		2.930	2.930	2.930	2.930	
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1240.0	1241.0	1242.3		
10 PESO DE BRIQUETA+PARAFINA AL AIRE	gr	1242.0	1243.0	1244.5		
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN AGUA	gr	729.3	728.9	728.8		
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA+PARAFINA (10-11)	c.c.	512.7	514.1	515.7		
13	gr.					
14	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	512.7	514.1	515.7		
16 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.419	2.414	2.409	2.414	
17 PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041		2.555	2.555	2.555		
18 VACIOS (17-16)/100*17	%	5.3	5.5	5.7	5.5	3 - 5
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2/6)+(3/7)+(4/8)		2.824	2.824	2.824		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	12.4	12.6	12.8	12.6	Min. 14
21 VACIOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	97.1	98.2	95.3	96.2	
22 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17)+(1/5)		2.778	2.778	2.778		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*5)/(22-19)/(22/19)	%	2.14	2.14	2.14		
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(23)*2+3+4*(100)	%	2.97	2.97	2.97		
25 FLUJO	mm	3.05	3.29	2.79	2.71	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1155.6	1176.7	1197.8		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.09	1.00	1.00		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1158	1177	1198	1177	Min. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO		3791	5147	4287	4409	1700 - 4000
30 RELACION POLVO / ASFALTO		2.02	2.02	2.02	2.02	0.6 - 1.6

OBSERVACIONES:

- Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA" 35.0%
- Arena triturada" Cantera " ANCOSA " 50.0%
- Arena Zarandeada 3/16" Cantera " Santa Cruz " 15.0%
- Relleno mineral FILLER (Cemento Portland) 0.0%
- 0.0%

MANUEL CASTRO GALLO



CONSULTGEOPAV SAC
 Ing. Manuel Castro Gallo
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 24517



CONSULTGEOPAV SAC

RUC: 2002407021

INSCRIPCIÓN N° 10014304100

INSCRIPCIÓN N° 10014304100

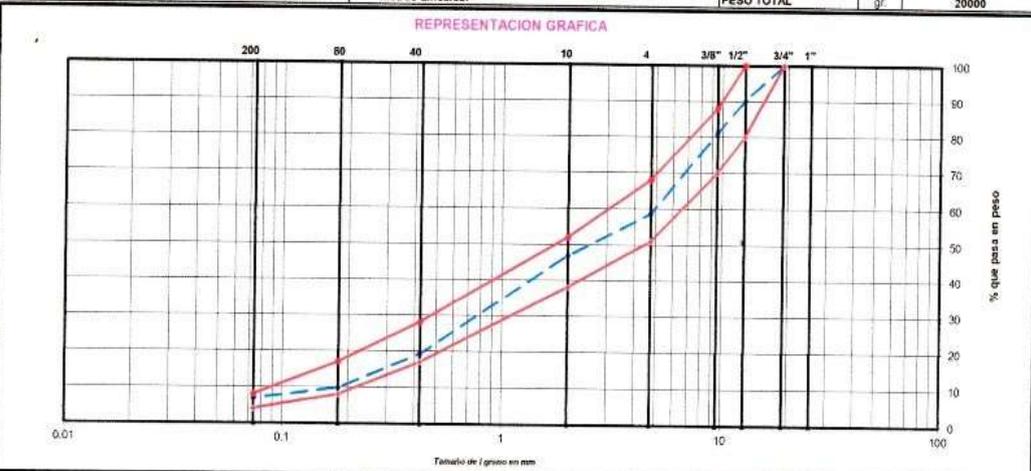
Tel: 037 501000 Cel. Claro: 986220811 Cel. Movistar: 975196772

Dirección: Calle Arceño # 308 Bellavista - Sullana - Piura

Email: geopav_maestro@hotmail.com junior_castro@hotmail.com

OBRA	DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL HIDRATADA EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN LA PROVINCIA DE SULLANA	Realizado Por	: P.C.A.
CANTERA	ANCOSA (SOJO)	Revisado Por	: M.A.C.
SOLICITA	TESISTAS	Responsable	: M.C.G.
		FECHA	12/10/2023
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO			
DISEÑO CODIGO 06-18 SULLANA MAC-02 C.A. 4.5 %			

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO		
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200	N° 200	Peso Mat. S/Lavar	gr.	
ABERTURA EN mm	18.850	12.700	9.700	4.750	2.000	0.425	0.18	0.074	-N°200	Peso Mat. Lavado	gr.	
PESO RETENIDO	gr.	1955	1800	4512	151.3	355	122	36.9	88.1	Peso Mat. Lav. + Filtro	gr.	
RETENIDO PARCIAL	%	0	9.8	9.0	22.6	11.8	27.6	9.5	2.9	Peso de Asfalto	gr.	
RETENIDO ACUMULADO	%	0	9.8	18.8	41.3	53.1	80.8	90.3	93.1	Peso inicial de Filtro	gr.	
PASA	%	100.0	90.2	81.2	58.7	46.9	19.2	9.7	6.9	Peso final de Filtro	gr.	
ESPECIFICACION	%	100	80-100	70-88	61-88	38-52	17-28	8-17	4-8	Peso de Filtro	gr.	
ASFALTO LIQUIDO											FRACCION	753.3
TRAMO ASFALTADO	Metros Lineales:										PESO TOTAL	20000



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559							
BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACION	
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	4.5	4.5	4.5	4.5		
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	39.47	39.47	39.47			
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	53.64	53.64	53.64			
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	2.39	2.39	2.39			
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011			
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.620	2.620	2.620			
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.655	2.655	2.655			
8 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		3.000	3.000	3.000			
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr.	1206.2	1206.3	1202			
10 PESO DE BRIQUETA+PARAFINA AL AIRE	gr.	1207.0	1208.0	1214.0			
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN AGUA	gr.	705.9	711.3	716.8			
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA+PARAFINA (10-11)	c.c.	501.1	496.7	497.2			
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr.						
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.						
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	501.1	496.7	497.2			
16 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.408	2.427	2.416	2.416		
17 PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041		2.589	2.589	2.589			
18 VACIOS (17-16)*100/17	%	7.1	6.3	6.6	6.7	3 - 5	
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((2/6)+(3/7)+(4/8))		2.648	2.648	2.648			
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	13.3	12.5	12.8	12.9	Min. 14	
21 VACIOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	46.4	49.8	48.3	48.2		
22 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/((100/17)+(1/5))		2.795	2.795	2.795			
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(5*(22-19)/(22*19))	%	2.00	2.00	2.00			
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1*(23*(2+3+4)/100)	%	2.59	2.59	2.59			
25 FLUJO	mm	2.03	2.29	2.03	2.12	2 - 4	
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	983.9	999.0	972.8			
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.04	1.04	1.04			
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1033	1039	1012	1026	Min. 815	
29 ESTABILIDAD FLUJO		5036	4545	4979	4853	1700 - 4000	
30 RELACION POLVO / ASFALTO		2.66	2.65	2.65	2.65	0.6 - 1.3	

OBSERVACIONES:
 Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA" 35.0%
 Arena triturada "ANCOSA" 50.0%
 Arena Zarandeada 3/16" Cantera " Santa Cruz" 15.0%
 Relleno mineral FILLER (CAL) 0.0%

MANUEL CASTRO GALLO
 TECNICO DE SUELOS Y PAVIMENTO
 SERVICIO CORPO
 N° 15 12 33



CONSULTGEOPAV SAC
 Ing. Manuel Castro Gallo
 INGENIERO CIVIL
 Q.L.P. N° 281740

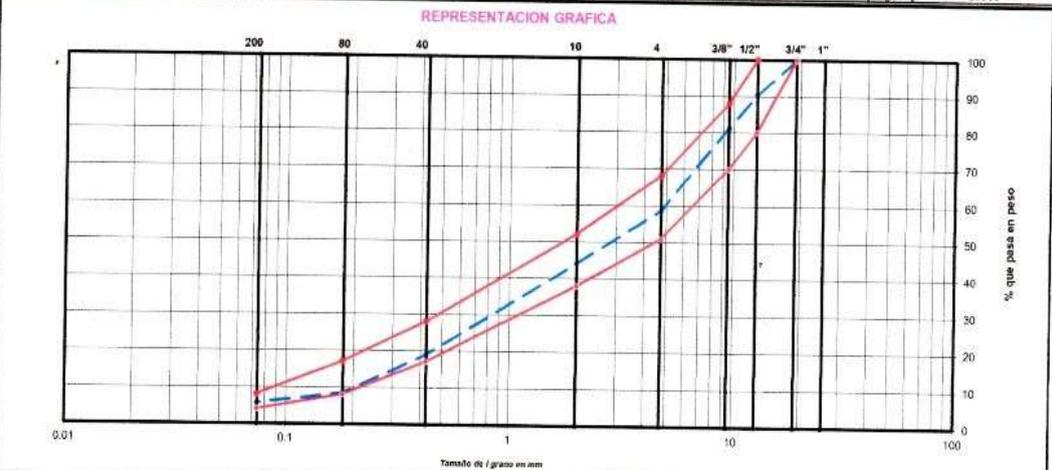


CONSULTGEOPAV SAC

PROYECTO DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL HIDRATADA EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN LA PROVINCIA DE SULLANA Realizado Por : P.C.A.
 Revisado Por : M.A.C.
 Responsable : M.C.G.
 Muestreo : Laboratorio
 SOLICITA TESISTAS FECHA 07/10/2023

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO
 DISEÑO N° 05 MAC-02 C.A. 5.0 %

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO	
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200	<N°200	Peso Mat. S/Lavar	gr.
ABERTURA EN mm	19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.18	0.074		Peso Mat. Lavado	gr.
PESO RETENIDO	gr.	1955	1800	4512	166.9	324	133.6	36.2	72.6	Peso Mat. Lav. + Filtro	gr.
RETENIDO PARCIAL	%	9.6	9.0	22.6	14.6	25.2	10.4	2.8	5.7	Peso de Asfalto	gr.
RETENIDO ACUMULADO	%	9.8	18.8	41.3	55.9	81.1	91.5	94.3	100.0	Peso Inicial de Filtro	gr.
PASA	%	100.0	90.2	81.2	58.7	44.1	18.9	6.5	5.7	Peso final de Filtro	gr.
ESPECIFICACION	%	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 62	17 - 28	8 - 17	4 - 8	Peso de Filler	gr.
ASFALTO LIQUIDO										FRACCION	%
TRAMO ASFALTADO											763.3
										PESO TOTAL	gr.
											20000



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACION
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.0	5.0	5.0	5.0	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	39.27	39.27	39.27	39.27	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	54.31	54.31	54.31	54.31	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.43	1.43	1.43	1.43	
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011	1.011	
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.600	2.600	2.600	2.600	
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.635	2.635	2.635	2.635	
8 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		3.000	3.000	3.000	3.000	
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr.	1249.0	1245.0	1240.3		
10 PESO DE BRIQUETA+PARAFINA AL AIRE	gr.	1251.0	1247.0	1242.0		
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN AGUA	gr.	721.2	716.3	716.0		
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA+PARAFINA (10-11)	c.c.	529.8	530.7	526.0		
13	gr.					
14	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	529.8	530.7	526.0		
16 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9-15)	gr/c.c.	2.387	2.346	2.358	2.354	
17 PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041		2.621	2.621	2.621		
18 VACIOS (17-16)/(100*17)	%	6.5	7.0	6.6	6.6	3 - 5
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2/6)+(3/7)+(4/8)		2.825	2.825	2.825		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16*19)	%	14.7	15.1	14.7	14.8	Min. 14
21 VACIOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	55.8	54.0	55.8	55.2	
22 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100*17)/(1/5)		2.738	2.738	2.738		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(22-19)/(22*19)	%	1.87	1.87	1.87		
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(23)/(2+3+4)/(100)	%	3.51	3.61	3.51		
25 FLUJO	mm	3.43	3.30	3.05	3.26	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1143.6	1227.9	1217.9		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	0.98	0.98	0.98		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1088	1179	1169	1149	Min. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO		3202	3570	3836	3536	1700 - 4000
30 RELACION POLVO / ASFALTO		1.61	1.61	1.61	1.61	0.6 - 1.3

OBSERVACIONES:
 Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA" 35.0%
 Arena triturada" Cantera " ANCOSA " 50.0%
 Arena Zarandeada 3/16" Cantera " Santa Cruz " 15.0%
 Relleno mineral FILLER (Cemento Portland) 0.0%

MANUEL CASTRO GALLO
 TECNICO DE SUELOS Y PAVIMENTOS



CONSULTGEOPAV SAC
 Ing. Manuel Castro Villalba
 INGENIERO CIVIL
 C.P. N° 254/10



CONSULTGEOPAV SAC

TEL: 051 071 2402407021

PROYECTO DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL
HIDRATADA EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN LA PROVINCIA DE SULLANA

Muestreo : Laboratorio

Fecha TESISTAS

Realizado Por : P.C.A.
Revisado Por : M.A.C.
Responsable : M.C.G.

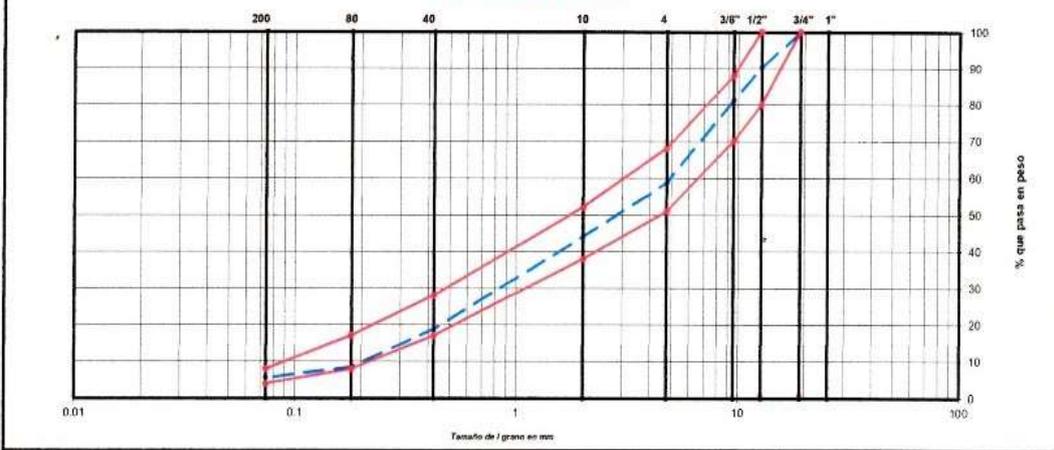
FECHA 07/10/2023

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

DISEÑO N° 05 MAC-02 C.A. 6.5 %

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO			
TAMIZ ASTM		3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200	<N°200	Peso Mat. S/Lavar	gr.	
ABERTURA EN mm		19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.18	0.074		Peso Mat. Lavado	gr.	
PESO RETENIDO	gr.		1955	1800	4512	186.9	324	133.6	36.2	72.6	Peso Mat. Lav. +Filtro	gr.	
RETENIDO PARCIAL	%		9.8	9.0	22.6	14.6	25.2	10.4	2.8	5.7	Peso de Asfalto	gr.	
RETENIDO ACUMULADO	%		9.8	18.8	41.3	55.9	81.1	91.5	94.3	100.0	Peso inicial de Filtro	gr.	
PASA	%	100.0	90.2	81.2	56.7	44.1	18.9	6.5	5.7		Peso final de Filtro	gr.	
ESPECIFICACION	%	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8		Peso de Filler	gr.	
ASFALTO LIQUIDO											FRACCION	%	753.3
TRAMO ASFALTADO											PESO TOTAL	gr.	20000

REPRESENTACION GRAFICA



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACION
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.5	6.5	6.5	6.5	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	36.65	36.65	36.65	36.65	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	53.45	53.45	53.45	53.45	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.40	1.40	1.40	1.40	
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011		
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.600	2.600	2.600		
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.635	2.635	2.635		
8 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		3.000	3.000	3.000		
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr.	1211.9	1213.3	1209.1		
10 PESO DE BRIQUETA+PARAFINA AL AIRE	gr.	1212.4	1213.6	1209.4		
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN AGUA	gr.	688.9	691.0	691.1		
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA+PARAFINA (10-11)	c.c.	522.5	522.6	518.3		
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr.					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	522.5	522.6	518.3		
16 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.319	2.322	2.333	2.326	
17 PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041		2.401	2.401	2.401		
18 VACIOS (17-16)*100/17	%	3.4	3.3	2.8	3.2	3 - 5
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(26)+(37)+(48))		2.625	2.625	2.625		
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	17.4	17.3	16.9	17.2	Min. 14
21 VACIOS LLENOS CON C.A. 100*(20.18)/20	%	80.5	80.9	83.2	81.5	
22 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17)-(1/5))		2.656	2.656	2.656		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(5*(22-19))/(22*19)	%	0.43	0.43	0.43		
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1.(23*(2+3+4)/100)	%	6.10	6.10	6.10		
25 FLUJO	mm	3.56	3.56	3.56	3.56	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1115.5	1191.6	1173.7		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1115	1192	1174	1180	Min. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO		3137	3351	3301	3283	1700 - 4000
30 RELACION POLVO / ASFALTO		0.93	0.93	0.93	0.93	0.6 - 1.3

OBSERVACIONES.

- Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA"
- Arena triturada Cantera "ANCOSA"
- Arena Zarandeada 3/16" Cantera "Santa Cruz"
- Relleno mineral FILLER (Cemento Portland)

35.0%
50.0%
15.0%
0.0%
0.0%

MANUEL CASTRO GALLO
INGENIERO CIVIL
C.P. N° 294740



CONSULTGEOPAV SAC

Ing. Manuel Castro Gallo
INGENIERO CIVIL
C.P. N° 294740



CONSULTGEOPAV SAC

PROYECTO DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL HIDRATADA EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN LA PROVINCIA DE SULLANA

Realizado Por : P.C.A.

Revisado Por : M.A.C.

Muestreo : Laboratorio

Responsable : M.C.G.

Fecha : TESTISTAS

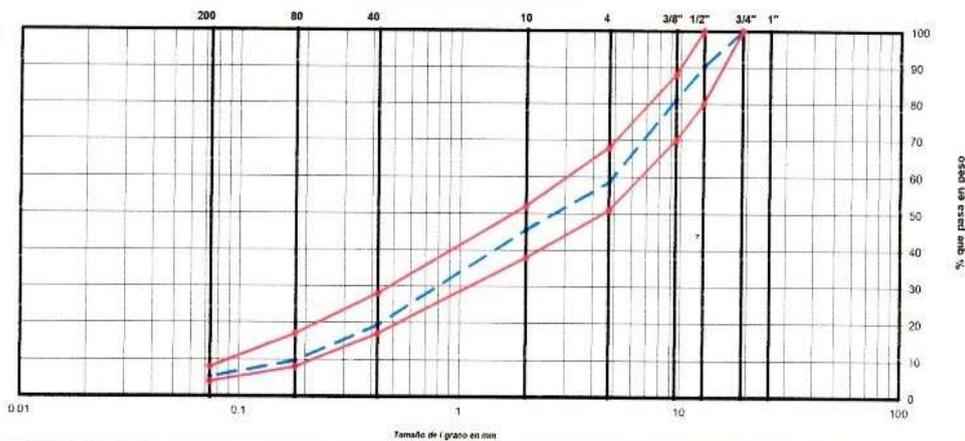
FECHA : 05/10/2023

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

DISEÑO PATRON MAC-02 C.A. 6.0%

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO	
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 60	Nº 200	<Nº200	Peso Mat. S/Lavar	gr.
ABERTURA EN mm	19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.15	0.075		Peso Mat. Lavado	gr.
PESO RETENIDO	gr.	1955	1800	4512	168	336	126	55.0	68.3	Peso Mat. Lav.+Filtro	gr.
RETENIDO PARCIAL	%	9.0	9.0	22.6	13.1	26.2	9.5	4.3	5.3	Peso de Asfalto	gr.
RETENIDO ACUMULADO	%	9.8	18.8	41.3	54.4	80.6	90.4	94.7	100.0	Peso Inicial de Filtro	gr.
PASA	%	100.0	90.2	81.2	58.7	45.6	19.4	9.6	5.3	Peso final de Filtro	gr.
ESPECIFICACION	%	100	80 - 100	70 - 88	61 - 88	45 - 62	17 - 38	8 - 17	4 - 8	Peso de Filler	gr.
ASFALTO LIQUIDO										FRACCION	%
TRAMO ASFALTADO										PESO TOTAL	gr.

REPRESENTACION GRAFICA



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRIQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACION
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.0	6.0	6.0	6.0	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 4	%	38.85	38.85	38.85	38.85	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4	%	55.15	55.15	55.15	55.15	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011		
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.600	2.600	2.600		
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.635	2.635	2.635		
8 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		3.000	3.000	3.000		
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr.	1199.0	1194.0	1195.7		
10 PESO DE BRIQUETA+PARAFINA AL AIRE	gr.	1203.0	1202.9	1196.7		
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN AGUA	gr.	690.0	692.0	684.9		
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA+PARAFINA (10-11)	c.c.	513.0	510.9	511.6		
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr.					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	513.0	510.9	511.6		
16 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.337	2.337	2.336	2.337	
17 PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041		2.433	2.433	2.433		
18 VACIOS (17-16)*100/17	%	3.9	3.9	4.0	4.0	3 - 5
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2/6)+(3/7)+(4/8)		2.620	2.620	2.620		
20 V.M.A. 100/(2+3+4)/(16/19)	%	16.2	16.2	16.2	16.2	Min. 14
21 VACIOS LLENOS CON C.A. 100/(20-18)/20	%	76.6	75.8	75.4	75.6	
22 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17)-(1/5)		2.673	2.673	2.673		
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100/5)/(22-19)/(22*19)	%	0.76	0.76	0.76		
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(23)/(2+3+4)/100	%	5.29	5.29	5.29		
25 FLUJO	mm	3.81	3.81	3.30	3.64	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1197.8	1183.7	1205.8		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1197.8	1184	1208	1196	Min. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO		3144	3107	3652	3301	1700 - 4000
30 RELACION POLVO / ASFALTO		1.01	1.01	1.01	1.01	0.6 - 1.6

OBSERVACIONES:

- Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA" 35.0%
- Arena triturada" Cantera "ANCOSA" 50.0%
- Arena Zarandeada 3/16" Cantera " PTE LOS SERRANO 15.0%
- Repleno mineral FILLER (Cemento Portland) 0.0%
- 0.0%

MANUEL CASTRO GALLO
TECNICO DE SUELOS Y PROVISIONO
DE LABORATORIO



CONSULTGEOPAV SAC
Ing. Manuel Enrique Pego Castro Villalta
INGENIERO CIVIL
C.I.P. Nº 2047-10



CONSULTGEOPAV SAC

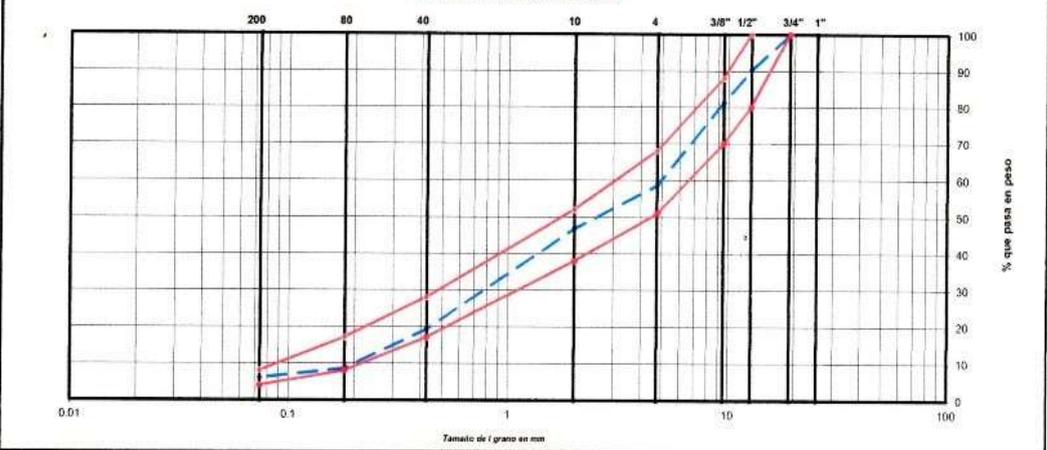
PROYECTO DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL HIDRATADA EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN LA PROVINCIA DE SULLANA Realizado Por : P.C.A.
 Revisado Por : M.A.C.
 Responsable : M.C.G.
 Muestreo : Laboratorio
 Fecha TESISTAS FECHA 10/10/2023

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

DISEÑO N° 05 MAC-02 C.A. 5.5 %

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO			
TAMIZ ASTM		3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200	<N°200	Peso Mat. SL.avar	gr.	
ABERTURA EN mm		19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.18	0.074		Peso Mat. Lavado	gr.	
PESO RETENIDO	gr.		1955	1800	4512	151.3	355	136.3	33.6	77.1	Peso Mat. Lav +Filtro	gr.	
RETENIDO PARCIAL	%		9.8	9.0	22.6	11.8	27.6	10.6	2.6	6.0	Peso de Asfalto	gr.	
RETENIDO ACUMULADO	%		9.8	18.8	41.3	53.1	80.8	91.4	94.0	100.0	Peso inicial de Filtro	gr.	
PASA	%	100.0	90.2	81.2	58.7	46.9	19.2	8.6	6.0		Peso final de Filtro	gr.	
ESPECIFICACION	%	100	80 - 100	70 - 88	51 - 80	38 - 62	17 - 28	8 - 17	4 - 8		Peso de Filler	gr.	8.4087
ASFALTO LIQUIDO											FRACCION	%	753.3
TRAMO ASFALTADO											PESO TOTAL	gr.	20000

REPRESENTACION GRAFICA



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACION
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.5	5.5	5.5	5.5	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	39.06	39.06	39.06	39.06	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	54.02	54.02	54.02	54.02	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.42	1.42	1.42	1.42	
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011	1.011	
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.600	2.600	2.600	2.600	
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.635	2.635	2.635	2.635	
8 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		3.000	3.000	3.000	3.000	
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr.	1244.0	1242.0	1244	1244	
10 PESO DE BRIQUETA+PARAFINA AL AIRE	gr.	1246.0	1245.0	1246.0	1246.0	
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN AGUA	gr.	733.8	731.9	732.9	732.9	
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA+PARAFINA (10-11)	c.c.	512.4	513.1	513.1	513.1	
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr.					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/9+parafina)	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	512.4	513.1	513.1	513.1	
16 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.429	2.421	2.424	2.424	
17 PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D 2041		2.534	2.534	2.534	2.534	
18 VACIOS (17-16)/(100/17)	%	4.2	4.5	4.3	4.3	3 - 5
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2/6)+(3/7)+(4/8)		2.626	2.626	2.626	2.626	
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	12.8	12.8	12.7	12.7	Min. 14
21 VACIOS LLENOS CON C.A. 100*(20-16)/20	%	86.6	85.1	85.9	85.9	
22 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17)+(1/5)		2.778	2.778	2.778	2.778	
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(22-19)/(22*19)	%	2.12	2.12	2.12	2.12	
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	3.80	3.80	3.80	3.80	
25 FLUJO	mm	2.88	3.05	2.92	2.95	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1170.7	1386.5	1270.1		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.00	1.00		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kp	1171	1386	1270	1286	Min. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO		4072	4450	4348	4290	1700 - 4000
30 RELACION POLVO / ASFALTO		1.72	1.72	1.72	1.72	0.8 - 1.8

OBSERVACIONES:
 Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA" 35.0%
 Arena triturada " ANCOSA " 50.0%
 Arena Zarandeada 3/16" Cantera " Santa Cruz " 15.0%
 Relleno mineral FILLER (Cemento Portland) 0.0%
 0.0%

MANUEL CASTRO VIALLO
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 201120



CONSULTGEOPAV SAC
 Ing. Manuel Castro Viallo
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 201120



CONSULTGEOPAV SAC
 S.A. DE ECONOMÍA MIXTA
 RUC: 20124072021

PROYECTO DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL HIDRATADA EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN LA PROVINCIA DE SULLANA

Realizado Por : P.C.A.
 Revisado Por : M.A.C.
 Responsable : M.C.G.
 FECHA : 07/10/2023

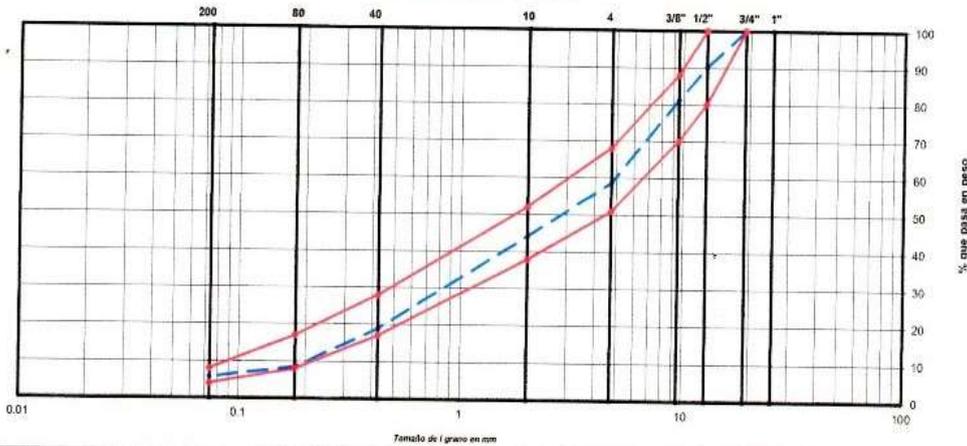
Muestreo : Laboratorio
 Fecha : TESISTAS

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

DISEÑO N° 05 MAC-02 C.A. 6.0 %

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO				
TAMIZ ASTM		3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 60	N° 200	N° 200	Peso Mat. S.Lavar	gr.		
ABERTURA EN mm		19.000	12.700	9.525	4.750	2.000	9.425	0.18	0.074		Peso Mat. Lavado	gr.		
PESO RETENIDO	gr.		1955	1800	4572	166.9	324	133.6	36.2	72.6	Peso Mat. Lav.+Filtro	gr.		
RETENIDO PARCIAL	%		9.8	9.0	22.6	14.6	25.2	10.4	2.8	5.7	Peso de Asfalto	gr.		
RETENIDO ACUMULADO	%		9.8	18.8	41.3	55.9	81.1	91.5	94.3	100.0	Peso Inicial de Filtro	gr.		
PASA	%	100.0	90.2	81.2	58.7	44.1	18.9	8.5	5.7		Peso final de Filtro	gr.		
ESPECIFICACION	%	100	80 - 100	70 - 88	51 - 68	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 6		Peso de Filler	gr.		
ASFALTO LIQUIDO												8.4067		
TRAMO ASFALTADO											FRACCION	%	753.3	
												PESO TOTAL	gr.	20000

REPRESENTACION GRAFICA



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACION
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.0	6.0	6.0	6.0	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	38.05	38.85	38.85	38.85	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	53.74	53.74	53.74	53.74	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.41	1.41	1.41	1.41	
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011	1.011	
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.600	2.600	2.600	2.600	
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.635	2.635	2.635	2.635	
8 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		3.000	3.000	3.000	3.000	
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr.	1249.0	1251.0	1236.0	1236.0	
10 PESO DE BRIQUETA+PARAFINA AL AIRE	gr.	1251.0	1252.0	1238.0	1238.0	
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN AGUA	gr.	720.3	721.3	712.1	712.1	
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA+PARAFINA (10-11)	c.c.	530.7	530.7	523.9	523.9	
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr.					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	530.7	530.7	523.9	523.9	
16 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (8/15)	gr/c.c.	2.353	2.357	2.357	2.356	
17 PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041		2.443	2.443	2.443	2.443	
18 VACIOS (17-16)/(100/17)	%	3.7	3.5	3.5	3.6	3 - 5
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2+6+3/7+(4/8))		2.625	2.625	2.625	2.625	
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	15.7	15.8	15.8	15.8	Min. 14
21 VACIOS LLENOS CON C.A. 100*(20-16)/20	%	76.7	77.5	77.5	77.2	
22 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17)-(1/5))		2.688	2.688	2.688	2.688	
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100/5)-(22-19)/(22-19)	%	0.87	0.87	0.87	0.87	
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(23)*(2+3+4)/(100)	%	5.18	5.18	5.18	5.18	
25 FLUJO	mm	3.43	3.58	3.56	3.51	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1291.2	1265.1	1295.2		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	0.96	0.96	0.96		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1239.6	1214	1243	1232	Min. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO		3615	3415	3497	3508	1700 - 4000
30 RELACION POLVO / ASFALTO		1.09	1.09	1.09	1.09	0.6 - 1.3

OBSERVACIONES:
 Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA" 35.0%
 Arena triturada" Cantera " ANCOSA" 50.0%
 Arena Zarandeada 3/16" Cantera " Santa Cruz " 15.0%
 Relleno mineral FILLER (Cemento Portland) 0.0%
 0.0%

MANUEL CASTRO GALLO
 INGENIERO CIVIL
 SE. COLOMBIA
 CIP. N° 201110



CONSULTGEOPAV SAC
 Ing. Manuel Castro Gallo
 INGENIERO CIVIL
 CIP. N° 201110



CONSULTGEOPAV SAC

RUC: 20602407021

Casapunta Industrial

Geotecnia

Suelos y Pavimentos

Tel: 037 501000 Cel. Claro: 986279811 Cel. Movistar: 979199772

Dirección: Calle Arequipa # 308 Bellavista Sullana - Piura

Email: geopav_mcastro@hotmail.com junior_castro@hotmail.com

PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041

Proyecto : **DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CA** Realizada Por : P.C.A.

Material : **Mezcla Fisica de MAC-2** Revisada Por : M.A.C.

Muestreo : **Laboratorio** Responsable : M.C.G.

SOLICITA : **TESISTAS**

FECHA **05-10-23**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5
CEMENTO ASFALTICO	%	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50
PESO DEL MATERIAL	Gr.	1243.0	1201.5	1211.7	1218.0	1215.4
PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	Gr.	7705.0	7705.0	7705.0	7705.0	7705.0
PESO DEL MATERIAL+FRASCO+AGUA (en aire)	Gr.	8948.0	8906.5	8916.7	8923.0	8920.4
PESO DEL MATERIAL +FRASCO+AGUA (en agua)	Gr.	8454.0	8424.0	8423.0	8422.4	8412.5
VOLUMEN DEL MATERIAL	c.c.	494.0	482.5	493.7	500.6	507.9
PESO ESPECIFICO MAXIMO	Gric.c.	2.516	2.490	2.454	2.433	2.393
TEMPERATURA DE ENSAYO	°C	25°C	25°C	25°C	25°C	25°C
GRAVA TRITURADA 3/4"	%	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
ARENA TRITURADA 1/2"	%	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
ARENA ZARANDEADA 3/16"	%	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5
FILLER (CEMENTO PORTLAND)	%	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
TIEMPO DE ENSAYO	Min.	25'	25'	25'	25'	25'
CORRRECCION POR TEMPERATURA		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

OBSERVACIONES:


MANUEL CASTRO GALLO
 TECNICO DE SUELOS Y PAVIMENTO
 SEPTIEMBRE 2020




CONSULTGEOPAV SAC
 Ing. Manuel Castro Villalón
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N.º 10117



CONSULTGEOPAV SAC

SEDE: AV. 28 DE ABRIL 7021

SEDE: AV. 28 DE ABRIL 7021, CANTON SAN CARLOS, PROVINCIA DE SULLANA, PERÚ
 SEDE: AV. 28 DE ABRIL 7021, CANTON SAN CARLOS, PROVINCIA DE SULLANA, PERÚ
 SEDE: AV. 28 DE ABRIL 7021, CANTON SAN CARLOS, PROVINCIA DE SULLANA, PERÚ

PROYECTO DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL
 HIDRATADA EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN LA PROVINCIA DE SULLANA

Realizado Por : P.C.A.

Revisado Por : M.A.C.

Responsable : M.C.G.

Muestreo : Laboratorio

Fecha : TESTISTAS

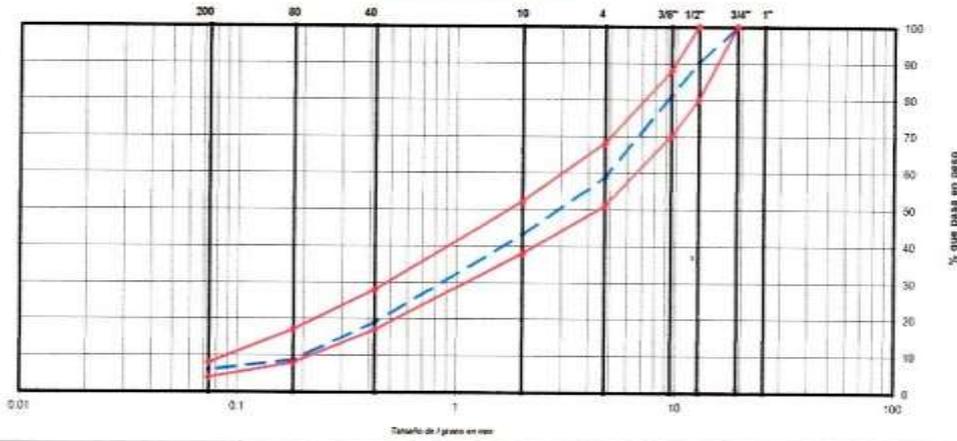
FECHA 10/10/2023

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

DISEÑO Nº 05 MAC-02 C.A. 6.5 %

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO	
TAMIZ ASTM	3/4"	1 1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	Nº 200	Peso Mat. S.Lavado	gr.
ABERTURA EN mm	19.000	12.750	9.525	4.750	2.000	0.425	0.18	0.075		Peso Mat. Lavado	gr.
PESO RETENIDO	gr.	1955	1800	4512	196.6	310.2	132.6	33.6	78.3	Peso Mat. Lav + Filtro	gr.
RETENIDO PARCIAL	%	9.6	9.0	22.6	15.5	24.2	10.3	2.6	6.1	Peso de Asfalto	gr.
RETENIDO ACUMULADO	%	9.6	18.6	41.3	56.8	81.0	91.3	93.9	100.0	Peso inicial de Filtro	gr.
PASA	%	100.0	90.2	61.2	58.7	43.2	19.0	8.7	6.1	Peso final de Filtro	gr.
ESPECIFICACION	%	100	89 - 100	79 - 88	61 - 80	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	Peso de Filler	gr.
ASFALTO LIQUIDO										FRACCION	%
TRAMO ASFALTADO											753.3
										PESO TOTAL	gr.
											20000

REPRESENTACION GRAFICA



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACION
1) C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.5	6.5	6.5	6.5	
2) AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 4	%	38.65	38.65	38.65	38.65	
3) AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4	%	53.45	53.45	53.45	53.45	
4) FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	1.90	1.40	1.45		
5) PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011		
6) PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.600	2.600	2.600		
7) PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.835	2.635	2.635		
8) PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		3.000	3.000	3.000		
9) PESO DE LA BRQUETA AL AIRE	gr	1210.1	1213.3	1208.1		
10) PESO DE BRQUETA+PARAFINA AL AIRE	gr	1211.9	1213.4	1208.4		
11) PESO DE LA BRQUETA + PARAFINA EN AGUA	gr	706.3	707.2	705.8		
12) VOLUMEN DE LA BRQUETA+PARAFINA (10-11)	c.c	505.8	506.4	503.5		
13) PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr					
14) VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pa parafina)	c.c					
15) VOLUMEN DE LA BRQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c	805.8	806.4	803.5		
16) PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRQUETA (9/13)	gr/c	2.283	2.288	2.401	2.287	
17) PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041		2.478	2.478	2.478		
18) VACIOS (17-16)/(100/17)	%	3.4	3.3	3.1	3.3	3 - 5
19) PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17)	%	2.433	2.625	2.625		
20) V.M.A. 100/(2+3+4)/(100/19)	%	14.8	14.7	14.8	14.8	Min. 14
21) VACIOS LLENOS CON C.A. 100/(20-18)/20	%	78.8	77.4	78.8	77.6	
22) PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17)/(15)	%	2.796	2.796	2.796		
23) C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100/19)(22-19)/(22/19)	%	1.83	1.83	1.83		
24) CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(23/2+3+4)/100		4.79	4.79	4.79		
25) FLUJO	mm	3.30	3.81	3.58	3.56	2 - 4
26) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1115.5	1191.8	1173.7		
27) FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.04	1.04	1.04		
28) ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1180	1239	1221	1207	Min. 615
29) ESTABILIDAD FLUJO		3513	3253	3433	3409	1700 - 4000
30) RELACION POLVO / ASFALTO		1.27	1.27	1.27		0.6 - 1.6

- OBSERVACIONES:
- Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA"
 - Arena triturada" Cantera " ANCOSA "
 - Arena Zarandeada 3/16" Cantera " Santa Cruz "
 - Refrno mineral FILLER (Cemento Portland)

- 35.0%
- 50.0%
- 15.0%
- 6.0%
- 0.0%

MANUEL CASTRO CALLO
 INGENIERO CIVIL
 RUC: 20100101001



CONSULTGEOPAV SAC
 Ing. Manuel Castro Callo
 INGENIERO CIVIL
 C.A.P. 10101



CONSULTGEOPAV SAC

RUC: 20602497021

Castro Villaalta

de Geotecnia
Suelos y Pavimentos

Tel: 037 504000 Cel. Claro: 986279811 Cel. Movistar: 979199772

Dirección: Calle Arequipa # 308 Bellavista Sullana Piura

Email: geopav_mcastro@hotmail.com junior_castro@hotmail.com

PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041

Proyecto : **DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CA** Realizado Por : P.C.A.
 Material : **Mezcla Fisica de MAC-2** Revisada Por : M.A.C.
 Muestreo : **Laboratorio** Responsable : M.C.G.
 SOLICITA : **TESISTAS** FECHA **10-10-23**

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

ENSAYO	Nº	1	2	3	4	5	6
CEMENTO ASFALTICO	%	4.50	5.00	5.50	6.00	6.50	7.00
PESO DEL MATERIAL	Gr.	1243.6	1200.4	1208.9	1208.1	1203.6	1220.0
PESO DEL AGUA + FRASCO RICE	Gr.	7705.0	7705.0	7705.0	7705.0	7705.0	7705.0
PESO DEL MATERIAL+FRASCO+AGUA (en aire)	Gr.	8948.6	8905.4	8913.9	8913.1	8908.6	8925
PESO DEL MATERIAL +FRASCO+AGUA (en agua)	Gr.	8468.4	8435.6	8436.9	8432.2	8422.9	8426.8
VOLUMEN DEL MATERIAL	c.c.	480.2	469.8	477.0	480.9	485.7	498.2
PESO ESPECIFICO MAXIMO	Gric.c.	2.590	2.555	2.534	2.512	2.478	2.449
TEMPERATURA DE ENSAYO	°C	25°C	25°C	25°C	25°C	25°C	25°C
GRAVA TRITURADA 3/4"	%	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
ARENA TRITURADA 1/2"	%	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	24.0
ARENA ZARANDEADA 3/16"	%	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	51.0
FILLER (CEMENTO PORTLAND)	%	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	2.0
TIEMPO DE ENSAYO	Min.	25'	25'	25'	25'	25'	25'
CORRECCION POR TEMPERATURA		1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

OBSERVACIONES: _____

MANUEL CASTRO GALLO
 INGENIERO CIVIL
 C.I.R. N° 284700



CONSULTGEOPAV SAC
 Ing. Manuel E. P. P. Castro Villaalta
 INGENIERO CIVIL
 C.I.R. N° 284700



CONSULTGEOPAV SAC

PROYECTO DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL HIDRATADA EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN LA PROVINCIA DE SULLANA

Realizado Por : P.C.A.

Revisado Por : M.A.C.

Responsable : M.C.G.

Muestreo : Laboratorio

Fecha TESISTAS

FECHA 12/10/2023

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

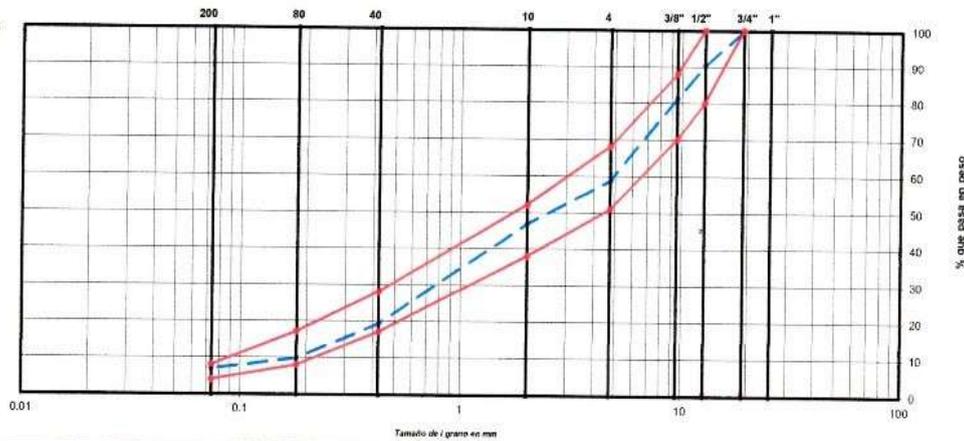
DISEÑO Nº 05 MAC-02 C.A. 6.5 %

ENSAYO GRANULOMETRICO

LAVADO ASFALTICO

TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	Nº 4	Nº 10	Nº 40	Nº 80	Nº 200	+Nº200	Peso Mat. SiLavar	gr.
ABERTURA EN mm	19.050	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.18	0.074		Peso Mat. Lavado	gr.
PESO RETENIDO		1955	1800	4512	151.3	355	122	36.9	88.1	Peso Mat. Lav +Filtro	gr.
RETENIDO PARCIAL	%	9.8	9.0	22.6	11.8	27.6	9.5	2.9	6.9	Peso de Asfalto	gr.
RETENIDO ACUMULADO	%	9.8	18.8	41.3	53.1	80.8	90.3	93.1	100.0	Peso inicial de Filtro	gr.
PASA	%	100.0	90.2	61.2	58.7	46.9	19.2	9.7	6.9	Peso final de Filtro	gr.
ESPECIFICACION	%	100	80-100	70-88	61-88	38-62	17-28	8-17	4-8	Peso de Filler	gr.
ASFALTO LIQUIDO										FRACCION	%
TRAMO ASFALTADO											753.3
										PESO TOTAL	gr.
											20000

REPRESENTACION GRAFICA



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS	Nº	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACION
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	6.5	6.5	6.5	6.5	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > Nº 4	%	38.65	38.05	38.55	38.55	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < Nº 4	%	52.51	52.51	52.51	52.51	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	2.34	2.34	2.34	2.34	
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011	1.011	
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.600	2.600	2.600	2.600	
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.635	2.635	2.635	2.635	
8 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		3.000	3.000	3.000	3.000	
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr.	1211.9	1213.3	1209.1	1209.1	
10 PESO DE BRIQUETA+PARAFINA AL AIRE	gr.	1212.4	1213.6	1209.4	1209.4	
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN AGUA	gr.	704.2	706.3	700.3	700.3	
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA+PARAFINA (10-11)	c.c.	506.2	507.3	509.1	509.1	
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr.					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	508.2	507.3	509.1	509.1	
16 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.385	2.392	2.375	2.384	
17 PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041		2.463	2.463	2.463	2.463	
18 VACIOS (17-16)/100/17	%	3.2	2.9	3.6	3.2	3 - 5
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2/6)+(3/7)+(4/8))		2.628	2.628	2.628	2.628	
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(16/19)	%	15.2	14.9	15.6	15.2	Min. 14
21 VACIOS LLENOS CON C.A. 100-(20-18)/20	%	79.0	80.5	76.6	78.0	
22 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100/17)+(16/19)		2.736	2.736	2.736	2.736	
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100/5)/(22-19)/(22-19)	%	1.52	1.52	1.52	1.52	
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(23)/(2+3+4)/(100)	%	5.08	5.08	5.08	5.08	
25 FLUJO	mm	3.30	3.56	3.30	3.39	2 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1205.8	1221.6	1181.7		
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.04	1.04	1.00		
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1254	1271	1162	1229	Min. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO		3798	3573	3516	3630	1700 - 4000
30 RELACION POLVO / ASFALTO		1.35	1.35	1.35	1.35	0.6 - 1.3

OBSERVACIONES:

Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA"
 Arena triturada" Cantera " ANCOSA"
 Arena Zarandeada 3/16" Cantera " Santa Cruz"
 Relleno mineral FILLER (Cemento Portland)

35.0%
 50.0%
 15.0%
 0.0%
 0.0%

MUEL CASTRO GALLO
 LABORATORIO DE ENGENIERIA CIVIL
 SE. SULLANA



CONSULTGEOPAV SAC
 Ing. Manuel Ernesto Diego Castro Villalba
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. Nº 10000



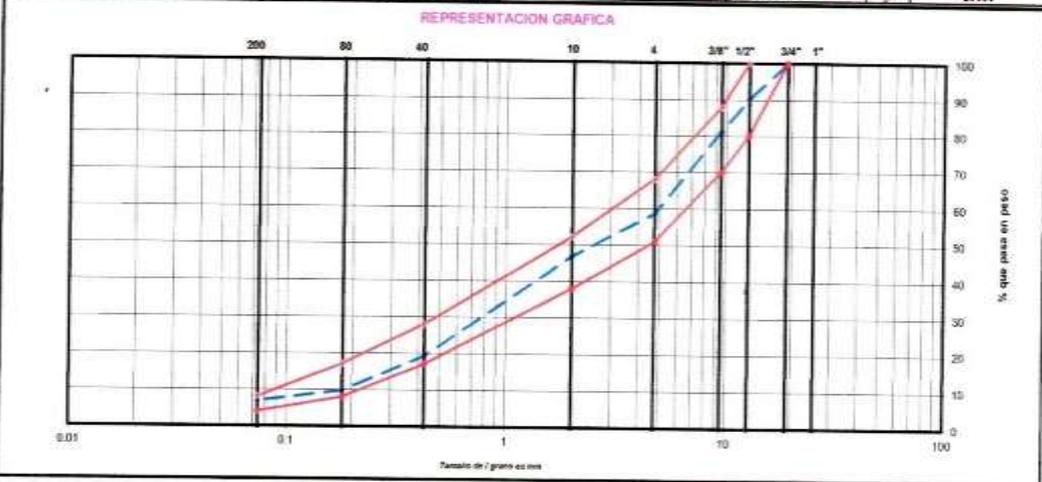
CONSULTGEOPAV SAC
SOLUCIONES EN PAVIMENTOS

PROYECTO DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL HIDRATADA EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN LA PROVINCIA DE SULLANA **Realizado Por** : P.C.A.
Muestreo : Laboratorio **Revisado Por** : M.A.C.
Fecha : TESTISTAS **Responsable** : M.C.G.
FECHA : 12/10/2023

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

DISEÑO N° 05 MAC-02 C.A. 5.5 %

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO	
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 60	N° 200	+N°200	Peso Mat. S/Lavado	gr.
ABERTURA EN mm	18.000	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.25	0.075		Peso Mat. Lavado	gr.
PESO RETENIDO		1955	1800	4512	151.3	355	122	36.9	66.1	Peso Mat. Lav +Filtro	gr.
RETENIDO PARCIAL	%	9.8	9.0	22.6	11.8	27.6	9.5	2.9	6.9	Peso de Asfalto	gr.
RETENIDO ACUMULADO	%	9.8	18.6	41.3	53.1	80.8	90.3	93.1	100.0	Peso inicial de Filtro	gr.
PASA	%	100.0	90.2	81.2	58.7	46.9	19.2	9.7	6.9	Peso final de Filtro	gr.
ESPECIFICACION	%	100	88 - 100	72 - 88	51 - 66	35 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 9	Peso de Filler	gr.
ASFALTO LIQUIDO											6.4867
TRAMO ASFALTADO										FRACCION	%
											753.3
										PESO TOTAL	gr.
											26000



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACION
1) C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.5	5.5	5.5	5.5	
2) AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	39.06	39.06	39.06	39.06	
3) AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	53.08	53.08	53.08	53.08	
4) FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	2.36	2.36	2.36	2.36	
5) PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011	1.011	
6) PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.600	2.600	2.600	2.600	
7) PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.635	2.635	2.635	2.635	
8) PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		3.000	3.000	3.000	3.000	
9) PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1240.9	1231.0	1244		
10) PESO DE BRIQUETA+PARAFINA AL AIRE	gr	1243.9	1231.6	1245.9		
11) PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN AGUA	gr	731.0	726.0	732.0		
12) VOLUMEN DE LA BRIQUETA+PARAFINA (10-11)	c.c.	512.0	505.6	513.0		
13) PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr					
14) VOLUMEN DE PARAFINA (13Pe parafina)	c.c.					
15) VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	512.0	505.0	510.0		
16) PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9-15)	gr/c.c.	2.422	2.433	2.428	2.427	
17) PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041		2.520	2.539	2.530		
18) VACIOS (17-16)/100*17	%	4.5	4.1	4.5	4.4	3 - 5
19) PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(26)+(37)+(48))		2.829	2.829	2.829	2.829	
20) V.M.A. 100-(2+3+4)/(15*19)	%	12.9	12.5	12.9	12.7	Min. 14
21) VACIOS LLENOS CON C.A. 100*(20-18)/20	%	84.3	87.0	84.9	85.4	
22) PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100*17)(15*19)		2.794	2.794	2.794	2.794	
23) C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(5)/(22-19)*(22*19)	%	2.16	2.16	2.16	2.16	
24) CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(25)/(2+3+4+100)	%	3.47	3.47	3.47	3.47	
25) FLUIDO	mm	2.75	2.82	2.79	2.82	2 - 4
26) ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1179.7	1284.2	1278.1		
27) FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.04	1.00		
28) ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1160	1236	1202	1202	Min. 815
29) ESTABILIDAD-FLUIDO		4290	4572	4546	4489	1700 - 4000
30) RELACION POLVO / ASFALTO		1.98	1.98	1.98	1.98	0.6 - 1.3

OBSERVACIONES:
 Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA" 35.0%
 Arena triturada Cantera "ANCOSA" 50.0%
 Arena Zarandeada 3/16" Cantera " Santa Cruz " 15.0%
 Relleno mineral FILLER (Cemento Portland) 0.0%
 0.0%

MANUEL CASTRO CALLO
 TECNICO EN PAVIMENTOS
 C.O.P.A.V. - 55.000.0007
 01-20-2023



CONSULTGEOPAV SAC
 Ing. Manuel Castro Callo
 INGENIERO CIVIL
 C.O.P.A.V. 294740



CONSULTOROPAV SAC

PROYECTO DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL HIDRATADA EN UN DISEÑO DE MEZCLA ASFALTICA EN LA PROVINCIA DE SULLANA

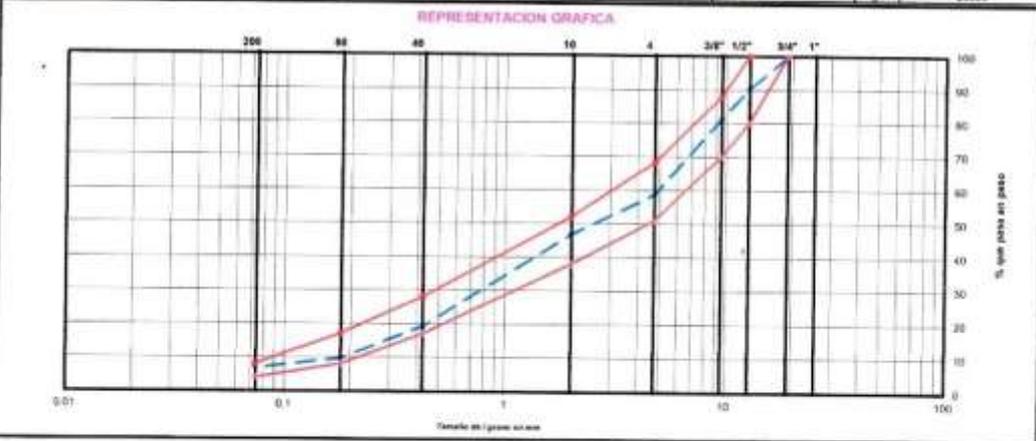
Realizado Por P.C.A.
 Revisado Por M.A.C.
 Responsable M.C.G.
 FECHA 12/10/2023

Muestreo : Laboratorio
 SOUCITA TESISTAS

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

DISEÑO N° 05 MAC-02 C.A. 5.0 %

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO	
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 20	N° 40	N° 60	N° 100	N° 200	<N° 200	Peso Mat. 3/Lavado	g
ABERTURA EN mm	19.000	12.500	9.525	4.750	2.500	2.500	0.150	0.075		Peso Mat. Lavado	g
PESO RETENIDO		1955	1600	4512	1513	355	122	30.9	55.1	Peso Mat. Lav + Filtro	g
RETENIDO PARCIAL	%	9.8	9.0	22.6	11.8	27.8	2.5	2.5	6.9	Peso de Asfalto	g
RETENIDO ACUMULADO	%	0.8	18.8	41.3	53.1	80.8	90.3	93.1	100.0	Peso Inicial de Filtro	g
PASA	%	100.0	90.2	81.2	58.1	48.9	19.2	5.7	6.9	Peso Final de Filtro	g
ESPECIFICACION	%	100	92 - 100	75 - 98	51 - 88	39 - 62	17 - 38	8 - 17	4 - 8	Peso de Filtro	g
ASFALTO LIQUIDO										FRACCION	%
TRAMO ASFALTADO										PESO TOTAL	g



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

BRQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACION
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	5.8	5.8	5.8	5.8	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	35.27	35.27	35.27	35.27	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	53.36	53.36	53.36	53.36	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	2.39	2.39	2.39	2.39	
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011	1.011	
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.600	2.600	2.600	2.600	
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.825	2.825	2.825	2.825	
8 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		3.000	3.000	3.000	3.000	
9 PESO DE LA BRQUETA AL AIRE	g	1244.0	1243.0	1244.0	1244.0	
10 PESO DE BRQUETA + PARAFINA AL AIRE	g	1246.0	1246.0	1246.0	1246.0	
11 PESO DE LA BRQUETA + PARAFINA EN AGUA	g	735.2	737.2	739.0	737.1	
12 VOLUMEN DE LA BRQUETA + PARAFINA (10-11)	c.c.	510.8	566.7	507.0	511.5	
13	g					
14	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRQUETA POR DESPLAZAMIENTO (12-14)	c.c.	916.8	908.7	907.0	910.8	
16 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRQUETA (8-15)	g/c.c.	2.428	2.442	2.456	2.442	
17 PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041		2.874	2.874	2.874	2.874	
18 VACIOS (17-16)/100*17	%	5.4	5.1	4.7	5.0	3 - 6
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(2+3+4+16)*100	%	2.829	2.829	2.829	2.829	
20 V.M.A. 100/(2+3+4)/(19-18)	%	12.8	11.7	11.2	11.7	Min. 14
21 VACIOS LLENOS CON C.A. 100/(20-18)*20	%	85.2	88.8	88.8	87.6	
22 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)/(100-17)/(19-18)	%	2.891	2.891	2.891	2.891	
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100-5)/(22-18)/(22*19)	%	2.39	2.39	2.39	2.39	
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(23)/(24+4)/100	%	2.74	2.74	2.74	2.74	
25 FLUJO	mm	2.54	2.59	2.54	2.46	3 - 4
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	kg	1172.7	1161.7	1217.3	1180.6	
27 FACTOR DE ESTABILIDAD	K	1.00	1.04	1.08	1.04	
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	kg	1174	1209	1287	1224	Min. 815
29 ESTABILIDAD FLUJO		4521	5095	4987	4868	1700 - 4500
30 RELACION POLVO / ASFALTO		2.50	2.50	2.50	2.50	0.8 - 1.3

OBSERVACIONES:

- Grava triturada 1/2" Cartera "ANCOSA" 35.0%
- Arena triturada Cartera "ANCOSA" 50.0%
- Arena Zarandeada 3/16" Cartera "Santa Cruz" 15.0%
- Refino mineral FILLER (Cemento Portland) 0.0%

MARCELO CASTRO VALLO
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 21477



CONSULTOROPAV SAC
 Ing. Marcelo Castro Vallo
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. N° 21477



CONSULTGEOPAV SAC

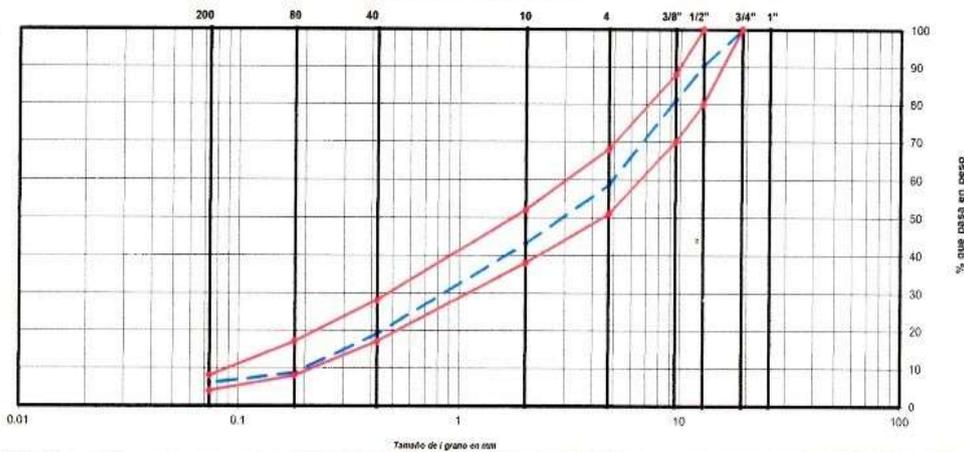
PROYECTO: DETERMINACION DEL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO FLEXIBLE INCORPORANDO CAL HIDRATADA E Realizado Por : P.C.A.
 Material : Mezcla Física de MAC-2 Revisado Por : M.A.C.
 Muestreo : Laboratorio Responsable : M.C.G.
 Fecha : TESISTAS FECHA : 10/10/2023

LABORATORIO MECANICA DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

DISEÑO N° 04 MAC-02 C.A. 7.0 %

ENSAYO GRANULOMETRICO										LAVADO ASFALTICO		
TAMIZ ASTM	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 80	N° 200	<N°200	Peso Mat. S/lavar	gr	
ABERTURA EN mm	19.000	12.700	9.525	4.750	2.000	0.425	0.18	0.074		Peso Mat. Lavado	gr	
PESO RETENIDO	gr	1955	1800	4512	196.6	310.2	132.6	33.6	76.3	Peso Mat. Lav +Filtro	gr	
RETENIDO PARCIAL	%	9.8	9.0	22.6	15.5	24.2	10.3	2.6	6.1	Peso de Asfalto	gr	
RETENIDO ACUMULADO	%	9.8	18.8	41.3	56.8	81.0	91.3	93.9	100.0	Peso inicial de Filtro	gr	
PASA	%	100.0	90.2	81.2	58.7	43.2	19.0	8.7	6.1	Peso final de Filtro	gr	
ESPECIFICACION	%	100	80 - 100	70 - 88	51 - 69	38 - 52	17 - 28	8 - 17	4 - 8	Peso de Filler	gr	
ASFALTO LIQUIDO											FRACCION	%
TRAMO ASFALTADO											PESO TOTAL	gr
										Metros Lineales:		
											753.3	
											20000	

REPRESENTACION GRAFICA



ENSAYO MARSHALL ASTM D-1559

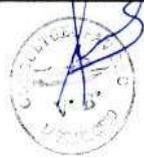
BRIQUETAS	N°	1	2	3	PROMEDIO	ESPECIFICACION
1 C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	%	7.0	7.0	7.0	7.0	
2 AGREGADO GRUESO EN PESO DE LA MEZCLA > N° 4	%	38.44	38.44	38.44	38.44	
3 AGREGADO FINO EN PESO DE LA MEZCLA < N° 4	%	52.70	52.70	52.70	52.70	
4 FILLER EN PESO DE LA MEZCLA	%	0.00	0.00	0.00	0.00	
5 PESO ESPECIFICO DEL CEMENTO ASFALTICO APARENTE		1.011	1.011	1.011	1.011	
6 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK		2.600	2.600	2.600	2.600	
7 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO FINO - BULK		2.635	2.635	2.635	2.635	
8 PESO ESPECIFICO FILLER - APARENTE		3.000	3.000	3.000	3.000	
9 PESO DE LA BRIQUETA AL AIRE	gr	1208.2	1211.8	1211.2	1211.2	
10 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA AL AIRE	gr	1208.7	1212.2	1211.4	1211.4	
11 PESO DE LA BRIQUETA + PARAFINA EN AGUA	gr	701.9	705.3	700.2	700.2	
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA + PARAFINA (10-11)	c.c.	506.8	506.9	511.2	511.2	
13 PESO DE LA PARAFINA (10-9)	gr					
14 VOLUMEN DE PARAFINA (13/Pe parafina)	c.c.					
15 VOLUMEN DE LA BRIQUETA POR DESPAZAMIENTO (12-14)	c.c.	506.8	506.9	511.2	511.2	
16 PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (9/15)	gr/c.c.	2.384	2.391	2.389	2.381	
17 PESO ESPECIFICO MAXIMO ASTM D-2041		2.449	2.449	2.449	2.449	
18 VACIOS (17-16)*100/17	%	2.6	2.4	3.2	2.8	2 - 4
19 PESO ESPECIFICO BULK DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)((2/5)+(3/7)+(4/8))	%	2.620	2.620	2.620	2.620	
20 V.M.A. 100-(2+3+4)/(18/19)	%	17.1	16.8	17.6	17.2	Min. 14
21 VACIOS LLENOS CON C.A. 100(20-18)/20	%	84.5	85.9	81.5	84.0	
22 PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO TOTAL (2+3+4)((100/17)/(1/5))	%	2.688	2.688	2.688	2.688	
23 C.A. ABSORBIDO POR AGREGADO TOTAL (100*(5*(22-19))/(22*19)	%	0.97	0.97	0.97	0.97	
24 CEMENTO ASFALTICO EFECTIVO 1-(23*(2+3+4)/100)	%	8.12	8.12	8.12	8.12	
25 FLUJO	mm	3.68	3.58	3.81	3.68	2 - 3.6
26 ESTABILIDAD SIN CORREGIR	Kg	1072.7	1026.0	1007.3	1007.3	
27 FACTOR DE ESTABILIDAD		1.04	1.04	1.00	1.00	
28 ESTABILIDAD CORREGIDA	Kg	1118	1067	1007	1063	Min. 815
29 ESTABILIDAD-FLUJO		3029	3001	2644	2891	1700 - 4000
30 RELACION POLVO / ASFALTO		1.00	1.00	1.00	1.00	0.6 - 1.6

OBSERVACIONES:

- Grava triturada 1/2" Cantera "ANCOSA"
- Arena triturada" Cantera " ANCOSA "
- Arena Zarandeada 3/16" Cantera " Santa Cruz "
- Relleno mineral FILLER (Cemento Portland)

35.0%
50.0%
15.0%
-0.0%
0.0%

MANUEL CASTRO VILLAINO
INGENIERO CIVIL



CONSULTGEOPAV SAC
Ing. Manuel Castro Villaino
INGENIERO CIVIL
C.I.P.R. N° 201740

ANEXO 04: CERTIFICADO DE CALIBRACION



Laboratorio PP

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 021 - 2022

Página : 1 de 2

Expediente : T 016-2022
Fecha de emisión : 2022-01-22

1. Solicitante : CONSULTGEOPAV S.A.C.

Dirección : CAL AREQUIPA NRO. 308 CERCADO URBANO -
BELLAVISTA - SULLANA - PIURA

2. Instrumento de Medición : BAÑO MARIA

Alcance de Medición : NO INDICA
Resolución : 1 °C

Marca : HUMBOLDT
Modelo : H-1390
Serie : NO INDICA
Procedencia : USA

Marca de Indicador : WATLOW
Modelo de Indicador : 93
Serie de Indicador : NO INDICA
Temperatura Calibrada : 60 °C

3. Lugar y fecha de Calibración
CAL AREQUIPA NRO. 308 CERCADO URBANO - BELLAVISTA - SULLANA - PIURA
20 - ENERO - 2022

4. Método de Calibración
Por Comparación con patrones Certificados.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMÓMETRO DIGITAL	DELTA OHM	LT - 105 - 2021	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	29,5	29,5
Humedad %	58	58

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento. Tiempo de estabilización del equipo no menor a 30 minutos.
La incertidumbre ha sido determinada con un factor de cobertura $k=2$ para un nivel de confianza del 95 %.




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



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISI3N S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACI3N

CERTIFICADO DE CALIBRACI3N N° LT - 021 - 2022

Página : 2 de 2

Resultados

1	2	3
4	5	6

ZONA	TEMPERATURA BAÑO MARIA (°C)	TEMPERATURA PATR3N (°C)	CORRECCI3N (°C)
1	59	58,93	-0,07
2	59	58,87	-0,13
3	60	59,69	-0,31
4	60	59,12	-0,88
5	59	59,45	0,45
6	60	59,72	-0,28

LA TEMPERATURA CONVENCIONAL VERDADERA (TCV) RESULTA DE LA RELACI3N
 $TCV = \text{INDICACI3N DEL BAÑO} + \text{CORRECCI3N}$

FIN DEL DOCUMENTO




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

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

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

Este documento es una copia impresa de un documento digitalizado por el laboratorio de punto de precisión S.A.C.



Laboratorio PP

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 019 - 2022

Página : 1 de 4

Expediente : T 016-2022
Fecha de emisión : 2022-01-22

1. Solicitante : CONSULTGEOPAV S.A.C.

Dirección : CAL AREQUIPA NRO. 308 CERCADO URBANO -
BELLAVISTA - SULLANA - PIURA

2. Instrumento de Medición : ESTUFA

Indicación : DIGITAL

Marca del Equipo : METROTEST
Modelo del Equipo : MS-HS
Serie del Equipo : 888
Capacidad del Equipo : 122 L

Marca de indicador : AUTONICS
Modelo de indicador : TCN4S
Serie de indicador : NO INDICA
Temperatura calibrada : 110° C

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración

CAL AREQUIPA NRO. 308 CERCADO URBANO - BELLAVISTA - SULLANA - PIURA
20 - ENERO - 2022

4. Método de Calibración

La calibración se efectuó según el procedimiento de calibración PC-018 del Servicio Nacional de Metrología del INACAL - DM.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMÓMETRO DIGITAL	APPLENT	0093-TPES-C-2021	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	26,5	26,5
Humedad %	63	64

7. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



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

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

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

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



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 019 - 2022

Página : 2 de 4

CALIBRACIÓN PARA 110 °C

Tiempo (min.)	Ind. (°C) Temperatura del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom (°C)	ΔT _{Max.} - T _{Min.} (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110,6	111,4	109,0	110,2	107,4	108,6	105,4	107,8	106,4	110,0	108,7	108,5	6,0
2	109,7	109,8	110,2	109,9	109,3	106,4	104,2	106,1	107,8	108,3	108,9	107,9	6,0
4	108,9	109,2	108,2	110,3	107,5	108,9	104,1	105,3	107,3	110,1	108,7	107,8	6,2
6	108,8	110,7	110,9	108,5	109,7	106,0	106,3	105,9	106,8	110,6	107,9	108,3	5,0
8	110,2	111,1	108,3	110,1	108,0	108,0	104,4	105,6	105,5	109,4	108,5	107,7	6,7
10	108,5	110,3	110,1	109,7	108,6	107,1	106,4	107,8	105,2	110,3	107,2	108,3	5,1
12	110,6	110,8	109,0	110,2	107,5	108,6	105,4	107,8	106,4	109,6	108,7	108,2	5,4
14	109,7	111,4	108,7	108,7	108,3	107,3	106,7	105,3	107,3	110,0	108,7	108,2	6,1
16	108,9	109,8	108,3	110,3	107,4	108,0	104,1	106,1	107,8	108,3	108,9	107,7	6,2
18	108,5	110,3	110,6	109,9	109,3	106,4	104,2	105,9	106,8	110,1	107,9	108,2	6,7
20	110,2	109,2	108,2	110,1	108,0	108,9	105,4	107,8	105,2	109,6	106,5	107,9	4,9
22	109,8	110,7	110,2	108,5	109,7	106,0	106,3	105,3	107,8	110,6	107,2	108,2	5,4
24	110,0	111,1	110,1	109,7	108,6	107,1	106,4	107,3	106,4	109,4	108,7	108,3	4,7
26	108,5	109,8	109,0	110,2	107,4	108,6	104,4	106,1	105,5	110,0	108,7	108,0	5,8
28	110,6	110,8	108,7	110,3	109,3	106,4	106,7	107,8	105,2	110,1	107,2	108,3	5,6
30	109,7	111,4	108,3	108,7	108,3	107,3	104,2	105,6	107,3	110,6	106,5	107,8	7,2
32	110,2	109,2	110,2	109,9	107,5	108,9	105,4	107,8	105,5	108,3	108,9	108,0	4,8
34	109,8	110,3	110,1	109,7	108,3	107,1	106,4	105,3	106,8	110,3	107,9	108,2	5,0
36	108,5	110,7	108,2	110,1	107,4	108,0	104,2	105,9	107,8	108,4	107,2	107,9	6,5
38	108,9	111,1	110,9	108,5	109,7	106,4	106,3	107,3	105,2	110,0	108,7	108,4	5,9
40	109,8	110,3	108,0	110,2	108,0	107,3	104,1	106,1	105,5	108,3	106,7	107,6	6,2
42	110,2	109,2	110,2	108,7	109,3	106,0	106,7	107,8	106,4	110,1	106,5	108,1	4,2
44	110,0	110,8	108,7	110,3	107,4	108,6	104,4	105,6	107,3	110,3	107,2	108,1	6,4
46	110,6	111,4	108,3	110,1	108,3	107,1	106,4	107,8	107,8	110,6	107,9	108,6	5,0
48	109,7	110,7	110,1	109,7	108,6	108,9	105,4	107,3	105,2	109,4	108,9	108,2	5,5
50	108,5	111,1	110,9	108,5	109,7	106,4	108,3	105,3	106,8	110,0	108,7	108,4	5,8
52	109,8	109,8	109,0	110,2	107,4	108,0	104,2	105,9	107,3	108,3	108,5	107,7	6,0
54	108,9	111,4	108,7	110,3	108,0	107,3	104,1	106,1	105,5	110,1	107,2	107,9	7,3
56	110,6	110,8	110,9	109,9	108,6	108,9	106,3	107,8	106,4	109,6	106,9	108,6	4,6
58	109,7	109,2	108,2	110,1	107,5	108,6	104,4	105,6	106,8	110,3	107,9	107,9	5,9
60	108,5	110,7	110,2	108,7	109,3	106,0	106,7	107,3	107,8	110,6	107,2	108,5	4,7
T. PROM	109,6	110,5	109,4	109,7	108,4	107,5	105,4	106,5	106,5	109,8	107,3	108,1	
T. MAX	110,6	111,4	110,9	110,3	109,7	108,9	106,7	107,8	107,8	110,6	108,7		
T. MIN	108,5	109,2	108,2	108,5	107,4	106,0	104,1	105,3	105,2	108,3	108,5		
DTT	2,1	2,2	2,7	1,8	2,3	2,9	2,6	2,5	2,6	2,3	2,2		

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	111,4	0,4
Mínima Temperatura Medida	104,1	0,5
Desviación de Temperatura en el Tiempo	2,9	0,2
Desviación de Temperatura en el Espacio	5,1	0,3
Estabilidad Media (±)	1,45	0,02
Uniformidad Media	7,3	0,1

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición
 Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" esta dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.
 La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k =2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.




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

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

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

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



Laboratorio PP

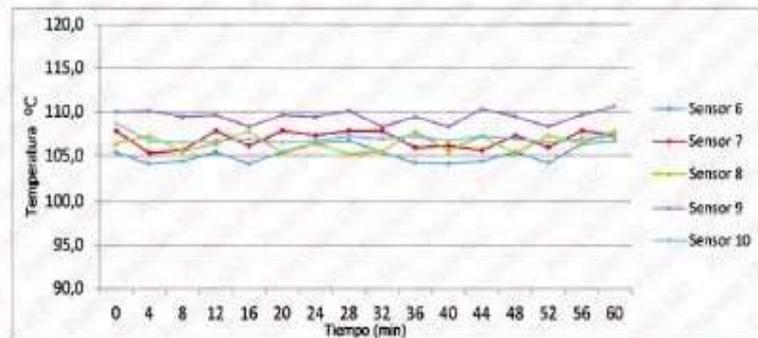
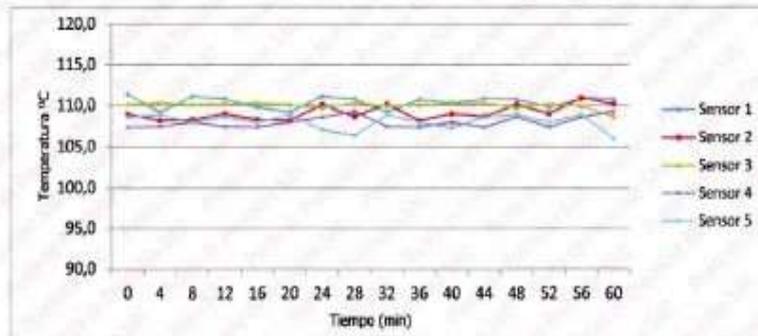
PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 019 - 2022

Página : 3 de 4

TEMPERATURA DE TRABAJO 110 °C



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

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

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

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



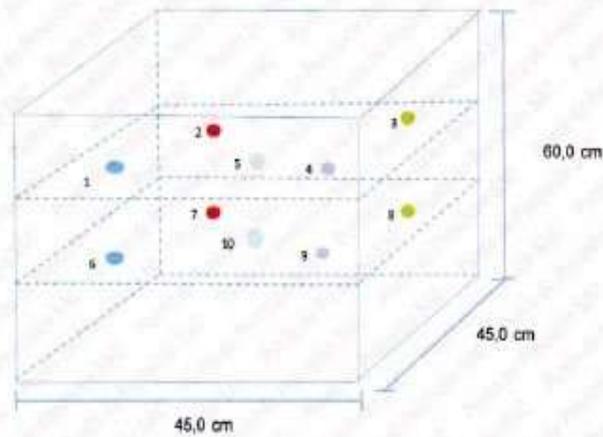
Laboratorio PP

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 019 - 2022

Página : 4 de 4

DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL EQUIPO



- Los Sensores 5 y 10 se ubicaron sobre sus respectivos niveles.
- Los demás sensores se ubicaron a 10 cm de las paredes laterales y a 10 cm del fondo y del frente del equipo.
- Los Sensores del nivel superior se ubicaron a 2,5 cm por encima de la altura más alta que emplea el usuario.
- Los Sensores del nivel inferior se ubicaron a 2,5 cm por debajo de la parrilla más baja.

FIN DEL DOCUMENTO




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

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

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

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



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 037 - 2022

Página : 1 de 2

Expediente : T 016-2022
Fecha de emisión : 2022-01-22

1. Solicitante : CONSULTGEOPAV S.A.C.

Dirección : CAL AREQUIPA NRO. 308 CERCADO URBANO -
BELLAVISTA - SULLANA - PIURA

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

2. Descripción del Equipo : MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL

Marca de Prensa : GEM
Modelo de Prensa : STYE-2000
Serie de Prensa : 190608
Capacidad de Prensa : 2000 kN

Marca de indicador : MC
Modelo de Indicador : LM-02
Serie de Indicador : NO INDICA

Bomba Hidráulica : ELÉCTRICA

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración

CAL AREQUIPA NRO. 308 CERCADO URBANO - BELLAVISTA - SULLANA - PIURA
19 - ENERO - 2022

4. Método de Calibración

La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 106-2021	UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	34,0	33,8
Humedad %	39	39

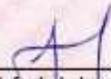
7. Resultados de la Medición

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.




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

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

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



PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 037 - 2022

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kN	SÉRIES DE VERIFICACIÓN (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
100	99,311	99,410	0,69	0,59	99,4	0,64	-0,10
200	200,026	200,459	-0,01	-0,23	200,2	-0,12	-0,22
300	300,387	301,054	-0,13	-0,35	300,7	-0,24	-0,22
400	401,072	401,464	-0,27	-0,37	401,3	-0,32	-0,10
500	501,443	502,100	-0,29	-0,42	501,8	-0,35	-0,13
600	602,422	603,834	-0,40	-0,64	603,1	-0,52	-0,24
700	703,538	702,783	-0,51	-0,40	703,2	-0,45	0,11

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = \text{Error}(2) - \text{Error}(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación : $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 0,9935x + 1,2189$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kN)

GRÁFICO N° 1

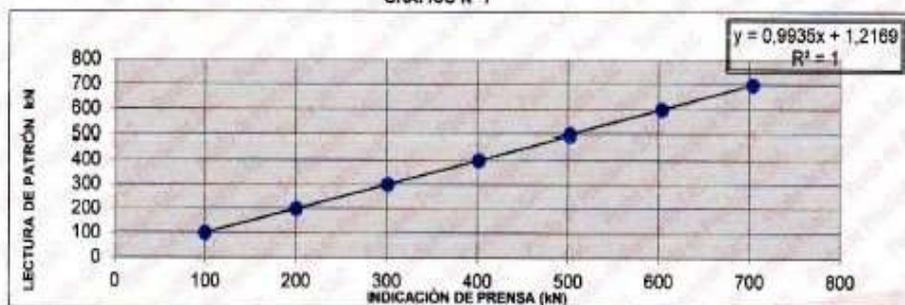


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



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

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

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

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



Laboratorio PP

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



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-027-2022

Página: 1 de 3

Expediente : T 016-2022
Fecha de Emisión : 2022-01-25

1. Solicitante : CONSULTGEOPAV S.A.C.

Dirección : CAL AREQUIPA NRO. 308 CERCADO URBANO - BELLAVISTA - SULLANA - PIURA

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS

Modelo : R31P30

Número de Serie : 8338450482

Alcance de Indicación : 30 000 g

División de Escala de Verificación (e) : 1 g

División de Escala Real (d) : 1 g

Procedencia : CHINA

Identificación : NO INDICA

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2022-01-20

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

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

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

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

3. Método de Calibración

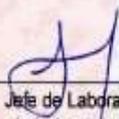
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de CONSULTGEOPAV S.A.C.
CAL AREQUIPA NRO. 308 CERCADO URBANO - BELLAVISTA - SULLANA - PIURA



PT-05.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


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

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

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

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



Laboratorio PP

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



Registro N° LC-033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-027-2022

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	25,8	26,0
Humedad Relativa	62,0	63,0

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE20-C-0772-2020
	Pesa (exactitud F1)	CCP-0340-007-2020
	Pesa (exactitud F1)	CCP-0340-006-2020
	Pesa (exactitud F2)	M-0374-2021
	Pesa (exactitud F2)	M-0372-2021
	Pesa (exactitud F2)	M-0373-2021

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 30 000 g
 Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 29 995 g para una carga de 30 000 g
 El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.
 Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.
 Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
 Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial 25,8			Final 25,8		
	Carga L1* 15 000,1 g			Carga L2* 30 000,1 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15 000	0,7	-0,3	30 000	0,5	-0,1
2	15 000	0,5	-0,1	30 000	0,9	-0,5
3	15 000	0,9	-0,5	30 000	0,6	-0,2
4	15 000	0,6	-0,2	30 000	0,7	-0,3
5	15 000	0,8	-0,4	30 000	0,5	-0,1
6	15 000	0,5	-0,1	30 000	0,9	-0,5
7	15 000	0,9	-0,5	30 001	0,6	0,8
8	15 000	0,7	-0,3	30 000	0,8	-0,4
9	15 000	0,5	-0,1	30 000	0,5	-0,1
10	15 000	0,9	-0,5	30 001	0,7	0,7
Diferencia Máxima	0,4			1,3		
Error máximo permitido ±	2 g			3 g		



PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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

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

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

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



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



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-027-2022
 Página: 3 de 3

2	5
1	
3	4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	25.0	25.9

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l (g)	AL (g)	le (g)	Carga L (g)	l (g)	AL (g)	E (g)	Ec (g)
1	10.0	10	0.5	0.0	10 000.0	10 000	0.7	-0.2	-0.2
2		10	0.9	-0.4		9 999	0.4	-0.9	-0.5
3		10	0.6	-0.1		9 999	0.3	-0.6	-0.7
4		10	0.6	-0.3		9 999	0.4	-0.9	-0.5
5		10	0.7	-0.2		10 000	0.8	-0.3	-0.1

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 2 g

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. (°C)	25.6	25.6

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	l (g)	AL (g)	E (g)	le (g)	l (g)	AL (g)	E (g)	le (g)	
10.0	10	0.8	-0.3						
50.0	50	0.5	0.0	0.3	50	0.9	-0.4	-0.1	1
500.0	500	0.9	-0.4	-0.1	500	0.5	0.0	0.3	1
2 000.0	2 000	0.6	-0.1	0.2	2 000	0.7	-0.2	0.1	1
5 000.0	5 000	0.8	-0.3	0.0	4 999	0.4	-0.9	-0.6	1
7 000.0	7 000	0.5	0.0	0.3	7 000	0.9	-0.4	-0.1	2
10 000.0	10 000	0.7	-0.2	0.1	9 999	0.4	-0.9	-0.6	2
15 000.1	15 000	0.9	-0.5	-0.2	15 000	0.8	-0.4	-0.1	2
20 000.1	20 000	0.6	-0.2	0.1	19 999	0.4	-1.0	-0.7	2
25 000.1	25 000	0.8	-0.4	-0.1	25 000	0.9	-0.5	-0.2	3
30 000.1	30 000	0.5	-0.1	0.2	30 000	0.6	-0.1	0.2	3

e.e.p. error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 3.25 \times 10^{-4} \times R$$

Incetidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{4.31 \times 10^{-4} \text{ g}^2 + 1.13 \times 10^{-4} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza AL: Carga incrementada E: Error encontrado E₀: Error en cero E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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

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

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

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



Laboratorio PP

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 047 - 2022

Página 1 de 2

Expediente : T 016-2022
Fecha de emisión : 2022-01-22

1. Solicitante : CONSULTGEOPAV S.A.C.

Dirección : CAL AREQUIPA NRO. 308 CERCADO URBANO -
BELLAVISTA - SULLANA - PIURA

2. Descripción del Equipo : VACUOMETRO DE BOMBA DE VACIO

Marca de Equipo : ORION
Modelo de Equipo : VR-01
Serie de Equipo : 18030901

Alcance de Escala : -30 inHg a 0 inHg ; -1 bar a 0 bar
División de Escala : 1 inHg ; 0,02 bar
Marca de Vacuometro : WINTERS
Modelo de Vacuometro : PFQ SERIES
Serie de Vacuometro : NO INDICA
Procedencia de Vacuometro : CANADÁ
Posición de Trabajo : INFERIOR

Marca de Bomba de Vacio : CPS
Modelo de Bomba de Vacio : VP8D
Serie de Bomba de Vacio : 17F 210548

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración

CAL AREQUIPA NRO. 308 CERCADO URBANO - BELLAVISTA - SULLANA - PIURA
20 - ENERO - 2022

4. Método de Calibración

Por Comparación tomando como referencia el procedimiento de calibración PC-004 del INACAL - DM.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
VACUÓMETRO	WINTERS	LP - 0152 - 2021	INACAL - DM

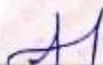
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	26,5	26,4
Humedad %	63	63

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.
La incertidumbre de la medición se determinó con un factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza de 95 %
Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"




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

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

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

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



PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 047 - 2022

Página : 2 de 2

Resultados

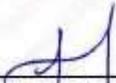
PRESIÓN INDICADA VACUÓMETRO A CALIBRAR	PRESIÓN INDICADA VACUÓMETRO PATRÓN		ERROR		
			DE INDICACIÓN		DE HISTÉRESIS
	ASCENSO	DESCENSO	ASCENSO	DESCENSO	bar
0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
-0,10	-0,12	-0,12	0,02	0,02	0,00
-0,20	-0,22	-0,24	0,02	0,04	-0,02
-0,30	-0,34	-0,32	0,04	0,02	0,02
-0,40	-0,44	-0,43	0,04	0,03	0,01
-0,50	-0,52	-0,53	0,02	0,03	-0,01
-0,60	-0,62	-0,60	0,02	0,00	0,02
-0,70	-0,72	-0,74	0,02	0,04	-0,02
-0,80	-0,82	-0,82	0,02	0,02	0,00
-0,90	-0,92	-0,94	0,02	0,04	-0,02
-1,00	-1,02	-1,02	0,02	0,02	0,00

MÁXIMO ERROR DE INDICACIÓN:	0,04	bar
MÁXIMO ERROR DE HISTÉRESIS:	0,02	bar

La incertidumbre de la medición es de	0,05	bar
---------------------------------------	------	-----

FIN DEL DOCUMENTO




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

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

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



Laboratorio PP

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 145 - 2022

Página : 1 de 2

Expediente : T 016-2022
Fecha de emisión : 2022-01-22

1. Solicitante : CONSULTGEOPAV S.A.C.

Dirección : CAL AREQUIPA NRO. 306 CERCADO URBANO -
BELLAVISTA - SULLANA - PIURA

2. Instrumento de Medición : MARTILLO DE COMPACTACIÓN
ESTABILIDAD MARSHALL

Capacidad : 10 lb

Marca : NO INDICA

Serie : NO INDICA

Material : FIERRO

Color : PLATEADO

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración

CAL AREQUIPA NRO. 306 CERCADO URBANO - BELLAVISTA - SULLANA - PIURA
20 - ENERO - 2022

4. Método de Calibración

Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D 6926.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	INACAL - DM
CINTA MÉTRICA	STANLEY	L - 0442 - 2021	INACAL - DM
BALANZA	KERN	LM - 002 - 2022	PUNTO DE PRECISIÓN

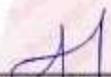
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	29,5	29,5
Humedad %	58	59

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.




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

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

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

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



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISI3N S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACI3N

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LL - 145 - 2022

Página 2 de 2

Resultados de Calibraci3n

MEDICIONES	ALTURA DE CAIDA	PESO	DIÁMETRO DE CARA DE IMPACTO
	mm	g	mm
1	447	4533,21	100,50
2	447	4533,21	100,48
3	447	4533,21	100,37
4	447	4533,21	100,49
5	447	4533,21	100,59
6	447	4533,21	100,38
PROMEDIO	447,0	4533,21	100,47
ESTÁNDAR	457,0	4540	98
ERROR	-10,0 mm	-6,8 g	2,47 mm

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152831



Laboratorio PP

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



Registro IFLC-033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-022-2022

Página: 1 de 3

Expediente : T 016 8888
 Fecha de Emisión : 2022-01-25

1. Solicitante : CONSULTGEOPAV S.A.C.

Dirección : CALAREQUIPA NRO. 308 CERCADO URBANO -
 BELLAVISTA - SULLANA - PIURA

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : POCKET SCALE

Modelo : MH-SERIES

Número de Serie : NO INDICA

Alcance de Indicación : 200 g

División de Escala de Verificación (e) : 0,01 g

División de Escala Real (d) : 0,01 g

Procedencia : NO INDICA

Identificación : NO INDICA

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2022-01-19

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

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

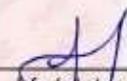
Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

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

- 3. Método de Calibración**
 La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.
- 4. Lugar de Calibración**
 LABORATORIO de CONSULTGEOPAV S.A.C.
 CALAREQUIPA NRO. 308 CERCADO URBANO - BELLAVISTA - SULLANA - PIURA



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


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

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

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

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



Laboratorio PP

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



Registro N° LC-033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-022-2022

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Minima	Máxima
Temperatura	31,7	31,8
Humedad Relativa	43,6	43,6

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE20-C-0772-2020

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 200,00 g

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 199,83 g para una carga de 200,00 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

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

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

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

8. Resultados de Medición

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

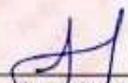
ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temp. (°C)	Inicio	Final
	31,7	31,7

Medición N°	Carga L1= 100,000 g			Carga L2= 200,000 g		
	I (g)	ΔI (g)	E (g)	I (g)	ΔI (g)	E (g)
1	100,00	0,007	-0,002	200,00	0,006	-0,001
2	100,00	0,007	-0,002	200,00	0,007	-0,002
3	100,00	0,008	-0,001	200,00	0,006	-0,001
4	99,99	0,008	-0,013	200,00	0,006	-0,004
5	100,00	0,008	-0,004	200,00	0,007	-0,002
6	100,00	0,007	-0,002	200,00	0,006	-0,001
7	100,00	0,006	-0,001	200,00	0,006	-0,004
8	99,99	0,008	-0,013	200,01	0,006	0,007
9	100,00	0,006	-0,004	200,00	0,007	-0,002
10	99,99	0,007	-0,013	200,00	0,006	-0,001
Diferencia Máxima	0,012			0,011		
Error máximo permitido ±	0,02 g			± 0,03 g		



PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


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

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

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

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

ANEXO N°5: FICHA TECNICA DE LA CAL HIDRATADA



P R O C A L K A D I

Servicio de transporte de carga a nivel nacional
Productores de óxido de calcio y derivados

Peligro General:

No respirar el polvo, la cal hidratada es caustica.

MEDIDAS PARA FUGAS ACCIDENTALES

Precauciones Personales:

Evitar el contacto con la piel y los ojos. Llevar equipo de protección adecuado. Usar guante de caucho nitrilo.

Precauciones Ambientales:

Evitar la contaminación de desagües, aguas superficiales y subterráneas, así como del suelo.

Métodos de Limpieza:

Colocar el material derramado en un recipiente. Evitar acciones que permitan que el aire levante la cal hidratada. Usar los EPP descritos más adelante. Raspar para juntar la cal hidratada húmeda y colocarla en un recipiente. Permitir que el material se seque o se solidifique antes de eliminarlo.

Otra Información:

No verter cal hidratada a sistemas de drenaje, ni en cuerpos de agua.

MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación:

Mantener seca la cal hidratada a granel y en bolsas hasta que se utilice. Apilar el material en bolsas de manera segura para evitar caídas. Movilizar la carga de manera segura y usar las medidas de control apropiadas. Para evitar problemas de asfixia no entrar en un espacio cerrado, como un silo, tolva o camión cerrado de transporte o cualquier otro contenedor que contenga cal hidratada.

Almacenamiento:

Almacenar en un lugar fresco, seco y bien ventilado. No almacenar cerca de materiales incompatibles. Mantener lejos de la humedad. No almacenar ni enviar en recipientes de aluminio.

INFORMACIÓN ECOLOGICA

Biodegradabilidad:

Los métodos para determinación de la bio-degradable no son aplicables para sustancias inorgánicas.

Comportamiento en Compartimientos Ecológicos:



PROCALKADI

Servicio de transporte de carga a nivel nacional
Productores de óxido de calcio y derivados

ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad Química:

Estable pero reacciona lentamente con dióxido de carbono para formar carbonato cálcico o magnésico. Mantener el producto seco hasta que se use. La cal hidrata puede reaccionar con el agua, provocando una pequeña liberación de calor, según la cantidad de cal (óxido de calcio) presente. Evitar el contacto con materiales incompatibles.

Incompatibilidad:

La cal hidratada y el cemento húmedo son alcalinos y son incompatibles con ácidos, sales amónicas, y metal lumínico. La cal hidratada y el cemento se disuelven en ácido fluorhídrico, produciendo gas de tetrafluoruro de silicio corrosivo. La cal hidratada y el cemento reaccionan con el agua para formar silicatos e hidróxido cálcico. Los silicatos reaccionan con oxidante potentes como flúor, trifluoruro de boro, trifluoruro de manganeso y difluoruro de oxígeno.

Polimerización peligrosa:

Ninguna.

Productos de Descomposición Peligrosa:

La cal hidratada se descompone a 540 °C, para producir óxido de calcio (cal viva), óxido magnésico y agua.

CONTROLES DE EXPOSICIÓN Y PROTECCIÓN PERSONAL

ANÁLISIS %	RESULTADO
Cal activa (CaO)	Rango Máx 92.1 % Rango Min. 90.5 %
Dióxido de Carbono (CO ₂)	0.01
Agua libre	0.0
Perdida por calcinación	2.4
Cal apagada	0.2
Peso específico, g/cm ³	2.3
GRANULOMETRÍA	
Retiene malla N° 30	0.00%
Retiene malla N° 200	0.02%
Pasante tamiz N° 200	99.98%

Controles Técnicos:

Usar escape local o ventilación por dilución general u otros métodos de supresión para mantener concentraciones de polvo por debajo de los límites de exposición.



PROCALKADI

Servicio de transporte de carga a nivel nacional
Productores de óxido de calcio y derivados

Medidas de Protección:

Ojos:

Usar gafas de protección total aprobadas por ANSI; no se recomienda usar lentes de contacto en condiciones polvorientas.



Piel:

Utilizar guantes impermeables de caucho o nitrilo para evitar el contacto con la piel. Ropa protectora impermeable al agua. Quitarse la ropa y los EPP corporales que saturan de cal hidratada.



Respiratoria:

En condiciones normales no se requiere protección respiratoria. Usar equipos aprobados por NIOSH que este ajustado correctamente.



INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

ADR/RID Nombre para Transporte	Cal Hidratada
Clase UN	8
Numero UN	3262



P R O C A L K A D I

Servicio de transporte de carga a nivel nacional
Productores de óxido de calcio y derivados

PRIMEROS AUXILIOS

Contacto Ocular:

Enjuagar los ojos meticulosamente con agua durante al menos 15 minutos, incluso debajo de los párpados, para eliminar todas las partículas. Obtener atención médica inmediata para abrasiones y quemaduras.

Contacto Dérmico:

Lavar la piel con agua fresca y un jabón de pH Neutro o un detergente suave para la piel. Obtener atención médica para erupciones, irritación y exposiciones desprotegidas prolongadas a cal hidratada húmeda, cemento, mezclas de cemento o líquidos que provienen del cemento húmedo.

Inhalación:

Llevar al paciente al aire fresco. Buscar atención médica si hay molestias o tos, o si los otros síntomas no desaparecen.

Ingestión:

No inducir al vomito. Si el paciente no ha perdido el conocimiento, hacerle beber una cantidad abundante de agua. Buscar Atención médica o ponerse en contacto con el centro de intoxicaciones inmediatamente.

Nota para el Médico:

Los tres tipos de silicosis incluyen: Silicosis Crónica simple (exposición mayor a 20 años), se caracteriza por falta de aliento y parecerse a la enfermedad pulmonar obstructiva crónica. Silicosis Acelerada (exposición de 5 a 15 años). Silicosis Aguda (exposición a corto plazo a cantidades muy grandes de sílice cristalina respirable), se caracteriza por que los pulmones se inflan mucho y pueden llenarse de fluido, causando una intensa falta de aliento y bajas concentraciones de oxígeno en la sangre. Puede presentarse una fibrosis masiva progresiva en la silicosis simple o acelerada pero es más común en la forma acelerada.

MEDIDAS PARA LA EXTINCIÓN DE INCENDIOS

Medios de Extinción:

Usar medios de extinción apropiados para el fuego circundante como espuma, polvo químico. No es combustible.

Precauciones Especiales:

Utilizar vestimenta adecuada. No emplear agua a presión. No representa ningún peligro asociado con incendios. Usar equipo autónomo para limitar exposiciones a productos combustibles al combatir cualquier incendio.

Productos de Combustión:

Ninguno



P R O C A L K A D I

Servicio de transporte de carga a nivel nacional
Productores de óxido de calcio y derivados

Peligro General:

No respirar el polvo, la cal hidratada es caustica.

MEDIDAS PARA FUGAS ACCIDENTALES

Precauciones Personales:

Evitar el contacto con la piel y los ojos. Llevar equipo de protección adecuado. Usar guante de caucho nitrilo.

Precauciones Ambientales:

Evitar la contaminación de desagües, aguas superficiales y subterráneas, así como del suelo.

Métodos de Limpieza:

Colocar el material derramado en un recipiente. Evitar acciones que permitan que el aire levante la cal hidratada. Usar los EPP descritos más adelante. Raspar para juntar la cal hidratada húmeda y colocarla en un recipiente. Permitir que el material se seque o se solidifique antes de eliminarlo.

Otra Información:

No verter cal hidratada a sistemas de drenaje, ni en cuerpos de agua.

MANIPULACIÓN Y ALMACENAMIENTO

Manipulación:

Mantener seca la cal hidratada a granel y en bolsas hasta que se utilice. Apilar el material en bolsas de manera segura para evitar caídas. Movilizar la carga de manera segura y usar las medidas de control apropiadas. Para evitar problemas de asfixia no entrar en un espacio cerrado, como un silo, tolva o camión cerrado de transporte o cualquier otro contenedor que contenga cal hidratada.

Almacenamiento:

Almacenar en un lugar fresco, seco y bien ventilado. No almacenar cerca de materiales incompatibles. Mantener lejos de la humedad. No almacenar ni enviar en recipientes de aluminio.

INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Biodegradabilidad:

Los métodos para determinación de la bio-degradable no son aplicables para sustancias inorgánicas.

Comportamiento en Compartimientos Ecológicos:



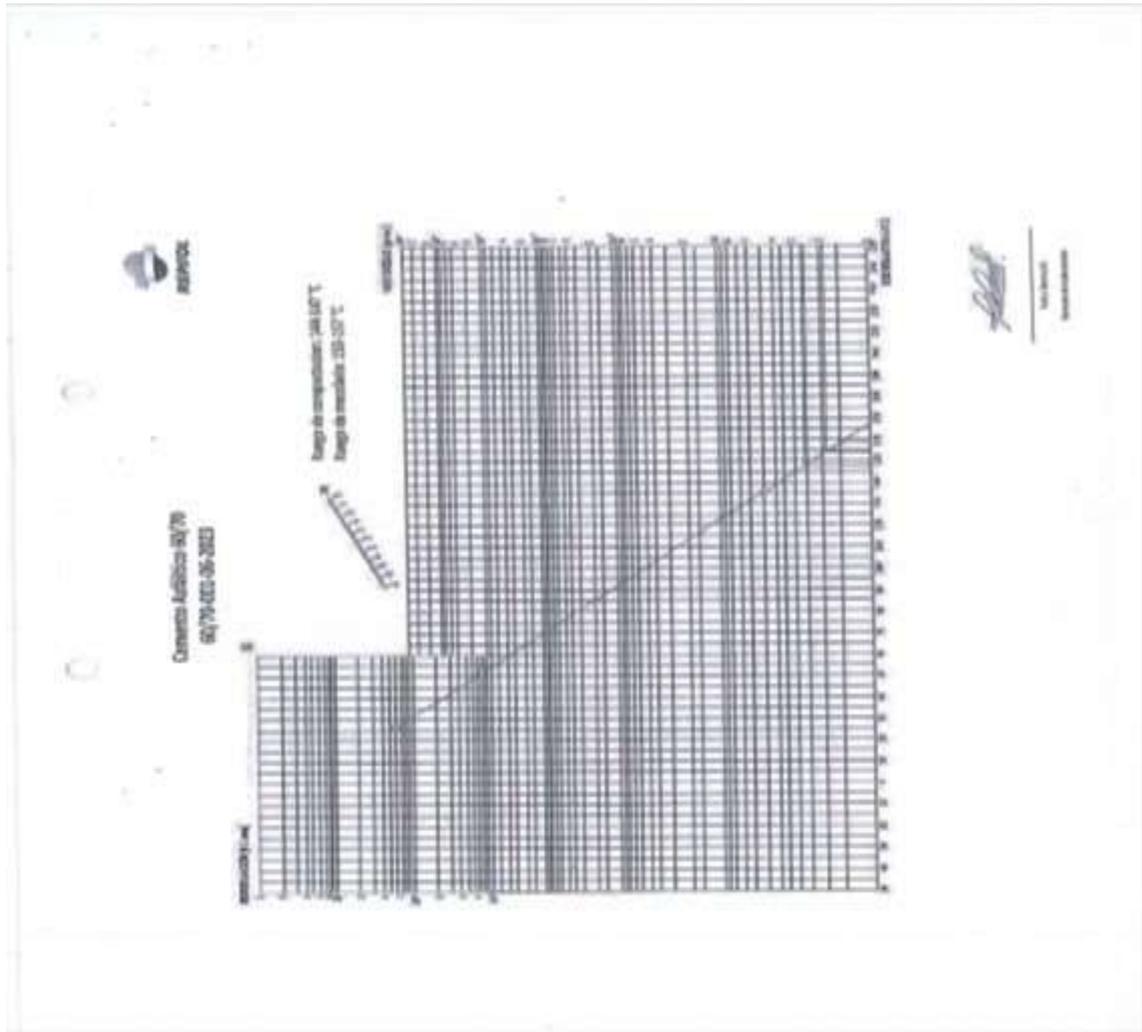
P R O C A L K A D I

Servicio de transporte de carga a nivel nacional
Productores de óxido de calcio y derivados

No es de esperar un enriquecimiento en organismos

INFORMACIÓN ECOLÓGICA

Observación : Uso personal calificado
Nivel de riesgo : Moderado



Fotografía

ANEXO N°7: PANEL FOTOGRÁFICO

ENSAYOS DE MUESTRA DE LABORATORIO



Fotografía 1 :Análisis Granulométrico por Tamizado



Fotografía 2: Análisis Granulométrico por Tamizado



Fotografía 3: Análisis Granulométrico

Fotografía 4: Equivalente de Arena

ENSAYOS DE MUESTRA DE LABORATORIO



Fotografía 5: Elaboración de nucleos

Fotografía 6: Ensayo marshal



Fotografía 7: Conformación de nucleo

Fotografía 8: Compactación de briqueta



Fotografía 9: Baño maria de las briquetas



Fotografía 10: Baño AMARIA
NUCLEOS 1.5%,2 %,2.5%



Fotografía 11: Corroboración de estabilidad
de briquetas



Fotografía 12: Briquetas
1.5%,2%,2.5%