



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Adición de escoria siderúrgica como agregado en mezclas
asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo
- Puente Piedra 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTORES:

Arias Bautista, Angel Javier (ORCID: 0000-0001-6761-4515)

López Polo, Danny Anthony ([ORCID: 0000-0003-2435-1529](#))

ASESOR:

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

Lima – Perú

2021

Dedicatoria

A Dios que, con su amor y cobijo me brindo calma y serenidad para avanzar en mi carrera profesional; a mi familia que, gracias a sus esperanzas y fe en mí, he logrado fortalecer mi espíritu y alcanzar uno de mis mayores objetivos en la vida.

Agradecimiento

A mi mentor, por sus arduos y extensos consejos en el apoyo de esta investigación, a la institución por brindar educación de calidad y el alto grado de compromiso que muestra ante su alumnado. A todos los profesionales que formaron parte de mi vida académica desde los inicios a todos ellos gracias.

Índice de contenidos

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
Resumen	vii
Abstract	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	7
III. METODOLOGÍA	23
3.1 Tipo y diseño de investigación	23
3.2 Variables y Operacionalización	25
3.3 Población, muestra y muestreo	26
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	27
3.5 Procedimientos.....	29
3.6 Método de análisis de datos.....	30
3.7 Aspectos técnicos	30
IV. RESULTADOS.....	32
V. DISCUSIÓN	42
VI. CONCLUSIONES	46
VII. RECOMENDACIONES	48
REFERENCIAS	49
ANEXOS	58

Índice de tablas

Tabla 1: Gradación de mezclas asfálticas en caliente (MAC)	16
Tabla 2: Resumen de resultados de prueba con el aparato Marshall	19
Tabla 3: Condición para mezcla de concreto bituminoso	20
Tabla 4: Requisitos para los agregados gruesos	20
Tabla 5: Requisitos para los agregados finos.....	21
Tabla 6: Selección del tipo de cemento asfáltico.....	21
Tabla 7: Clasificación del cemento asfáltico por penetración	22
Tabla 8: Valores de estabilidad Marshall.....	22
Tabla 9: Valores de flujo Marshall	36
Tabla 10: Valores de VA.....	38
Tabla 11: Valores de VMA.....	39
Tabla 12: Valores de VFA	41

Índice de figuras

Figura 1. Mechanical Marshall compaction hammer	18
Figura 2: Marshall testing machine and Marshall testing head	19
Figura 3: Mapa distrital de Lima.....	31
Figura 4: Mapa político del Perú.....	31
Figura 5: Mapa distrital de Puente Piedra.....	33
Figura 6: Mapa de ubicación Av. Paucartambo.....	33
Figura 7: Estabilidad Marshall.....	35
Figura 8: Calibración para el ensayo	35
Figura 9: Valores de Estabilidad Marshall	35
Figura 10: Flujo Marshall.....	36
Figura 11: Calibración para el ensayo de flujo.....	36
Figura 12: Valores de Flujo Marshall.....	37
Figura 13: Maquina baño Maria.....	37
Figura 14: Briquetas de ensayo.....	37
Figura 15: Valores de VA en la MAC.....	38
Figura 16: Briquetas ensayadas.....	39
Figura 17: Briquetas con diferentes %.....	39
Figura 18: Valores de VMA en la MAC.....	40
Figura 19: Briquetas elaboradas.....	40
Figura 20: Tesistas.....	40
Figura 21: Valores de VFA en la MAC.....	41
Figura 22: Comparación de resultados de flujo en la MAC.....	43
Figura 23: Comparación de resultados del VMA en la MAC.....	44
Figura 24: Comparación de resultados del VFA en la MAC.....	45

Resumen

El presente proyecto tiene por objetivo general de precisar la mejora que proporciona la adición de escoria siderúrgica como agregado en mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020. De diseño experimental, realizando el ensayo granulométrico y el ensayo Marshall se obtuvieron los siguientes resultados: para valores de estabilidad de 15.21 – 14.72 – 16.23 – 16.65 – 16.76 KN para 0 – 3 – 6 – 9 – 12 % de escoria siderúrgica. Para flujo un 3.58 – 3.50 – 3.58 – 3.92 – 4.50 mm para 0 – 3 – 6 – 9 – 12% de escoria siderúrgica. Para el VA un 4.82 – 6.74 – 6.48 – 5.93 – 5.87% para 0 – 3 – 6 – 9 – 12% de escoria siderúrgica. Para el VMA un 17.40 – 17.70 – 17.20 – 16.30 – 16.00% para 0 – 3 – 6 – 9 – 12% de escoria siderúrgica. Para el VFA un 72.40 – 62.00 – 62.40 – 63.60 – 63.20% para 0 – 3 – 6 – 9 – 12% de escoria siderúrgica. Se concluye en base al estudio realizado que, si bien el empleo de la escoria en la MAC permite que algunas de sus propiedades se vean beneficiadas como la estabilidad, hace que otras no estén dentro de los valores mínimos solicitados por el Manual de Carreteras EG – 2013.

Palabras clave: Escoria siderúrgica, mezcla asfáltica, estabilidad, flujo y pavimento flexible.

Abstract

The general objective of this project is to specify the improvement provided by the addition of steel slag as an aggregate in hot asphalt mixtures for flexible pavements, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020. Experimental design, performing the granulometric test and the Marshall test are obtained the following results: for stability values of 15.21 - 14.72 - 16.23 - 16.65 - 16.76 KN for 0 - 3 - 6 - 9 - 12% of steel slag. For flow rate 3.58 - 3.50 - 3.58 - 3.92 - 4.50 mm for 0 - 3 - 6 - 9 - 12% steel slag. For VA 4.82 - 6.74 - 6.48 - 5.93 - 5.87% for 0 - 3 - 6 - 9 - 12% steel slag. For VMA at 17.40 - 17.70 - 17.20 - 16.30 - 16.00% for 0-3-6-9-12% of steel slag. For the VFA at 72.40 - 62.00 - 62.40 - 63.60 - 63.20% for 0 - 3 - 6 - 9 - 12% of steel slag. It is concluded based on the study carried out that, although the use of slag in the MAC allows some of its properties such as stability to benefit, it means that others are not within the minimum values required by the Road Manual EG-2013.

Keywords: Steel slag, asphalt mix, stability, flow, and flexible pavement.

I. INTRODUCCIÓN

Los pavimentos son estructuras de esencial importancia que interconectan ciudades, aumenta el desarrollo y brinda crecimiento económico de un país. Dentro de ellos podemos definir dos tipos, el pavimento flexible y el pavimento rígido; ambos con características y propiedades distintas, pero con un fin en común, el de vializar y transformar ciudades, países y continentes. Para garantizar una correcta transitabilidad por parte de la población, es importante que los pavimentos diseñados no presenten fallas o desgastes prematuros, lo cual afecta directamente su vida útil. Este último punto mencionado es algo que no sucede en muchos países donde se observa que las avenidas pavimentadas se encuentran en mal estado a los pocos años de haberse entregado o culminado la obra, generando una gran insatisfacción por parte de la población.

Un pavimento en mal estado que presenta fisuras, grietas, hundimientos, huecos, desniveles entre otros, que con el tiempo pueden empeorar aún más este tipo de fallas, puede ocasionar daños a los vehículos, así como también accidentes de tránsito que en el peor de los casos pudiesen ocasionar la pérdida de vidas humanas.

En Colombia en los municipios de San Antonio y Buenavística, en la zona rural de Sincelejo (Sucre), que culminó de construir hace menos de dos años, ya da muestras de deterioro; este escenario se reitera, en 13 municipios que tienen complicada la operación eficaz de sus vías terciarias por fallas de planeación, construcción y de mantenimiento.¹

Por otro lado, en España una reciente publicación hecho por la Asociación Española de la Carretera (AEC) menciona que el deficiente estado de las carreteras es la razón esencial del 94% de los accidentes generados. En la publicación de la AEC catalogan la condición del asfalto como muy deficiente. Ello

¹ DELGADO, P. Colombia: con pocas vías terciarias y en mal estado [en línea]. El Espectador: Colombia, 3 de diciembre del 2018, párr. 1-2 [Consultado 7 de septiembre del 2020].

indica un incremento del peligro de sufrir una emergencia en el peor de los casos, pero también puede provocar averías en los automóviles.²

Los bomberos tienen problema para trasladarse y poder atender las emergencias que se presentan en la ciudad de Lima, esto debido al mal estado de las avenidas, donde si no se puede evitar las fisuras o baches, tienen que conducir a 20 kilómetros por hora y agarrar al paciente para que no se golpee. Es así que el mal estado de los pavimentos ya no es solamente es cuestión de material, sino humano.³

Los pavimentos deben estar en buenas condiciones, no solo para el tránsito vehicular diario, sino también para que ante una emergencia, los vehículos de respuesta rápida como ambulancias o bomberos puedan llegar a tiempo al lugar o zona donde se presente dicha incidencia.

En la actualidad la provincia de Lima conformada por 43 distritos, cuenta con 8 millones 574 mil 974 habitantes. Uno de los distritos con mayor crecimiento y expansión poblacional es el distrito de Puente Piedra. Este distrito cuenta con 329,675 habitantes⁴

Estas personas al decidir independizarse, optan por buscar zonas en donde vivir; estas zonas en las que se instalan raras veces son zonas destinadas para la habitabilidad, por presentar terrenos inestables, lugares agrestes, sin contar con planos de lotización, ni servicios básicos y lo que es esencial e importante, el acceso hasta estos sectores se hace difícil, porque no existen vías por donde ingresen los vehículos o simplemente existen, pero no están pavimentadas ni diseñadas como tal.

² PARADA, L. El mal estado de las carreteras es la principal causa de accidentes [en línea]. Sport: España, 16 de noviembre del 2018, párr. 1-2 [Consultado 7 de septiembre del 2020].

³ FERNANDEZ, C. Baches de alto riesgo: vías que conducen a hospitales y clínicas en pésimo estado [en línea]. El Comercio: Perú, 12 de septiembre del 2019, párr. 2 [Consultado 8 de septiembre del 2020].

⁴ POBLACIÓN del Perú totalizo 31 millones 237 mil 385 personas al 2017. Instituto Nacional de Estadística e Informática, 25 de junio del 2018, párr. 14. [Consultado 7 de septiembre del 2020].

La Av. Paucartambo se encuentra ubicada en Puente Piedra con coordenadas UTM (-11.928232, -77.080679) y con una extensión de 1.77 KM. Anteriormente en los años 80's y 90's donde es actualmente la Av. Paucartambo, se ubicaban chacras de diferentes tipos de sembríos, luego posteriormente al haberse habitado el lugar se crea y se pavimenta la vía sin prever que el flujo vehicular aumentaría con el pasar de los años dañando la estructura. Esta avenida hasta hace unos años no era muy conocida y por ende poco era el tránsito vehicular, solo se movilizaban vehículos menores (mototaxis). Actualmente por la Av. Paucartambo transitan desde autos de 1 tn, hasta camiones y tráiler de más de 40 tn, dañando totalmente la estructura del pavimento, para ser más exactos la carpeta asfáltica.

La mezcla asfáltica convencional en el Perú es la que está compuesta por materiales bituminosos, agregados pétreos y de requerir aditivos para su protección y/o mejoramiento.⁵

La carpeta asfáltica de la Av. Paucartambo careció de la idoneidad de sus componentes durante y después de su ejecución; lo que lo conlleva a presentar fallas como deformaciones permanentes, fisuraciones o agrietamientos, hundimientos, grietas, desintegraciones entre otras.

El problema general abordado en la presente investigación indica que ¿Cuál es la mejora que establece la adición de escoria de siderúrgica como agregado en mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020?

Los problemas específicos propuestos fueron: ¿Cuál es la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en la estabilidad de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020?, ¿Cuál es la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en el flujo de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo

⁵ MINISTERIO de transporte y comunicaciones (Perú). Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Lima: 2014 p. 22

- Puente Piedra 2020?, ¿Cuál es la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en el VA de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020?, ¿Cuál es la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en el VMA de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020?, ¿Cuál es la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en el VFA de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020?

La justificación social, es la necesidad de recuperar la Av. Paucartambo, mediante la adición de escoria siderúrgica como agregado en las mezclas asfálticas para mejorar las propiedades de las mismas y obtener un pavimento flexible acorde a las necesidades actuales de la población, lo cual aumentará la seguridad vial y ayudará a mejorar el tránsito vehicular haciéndolo más fluido.

Con la justificación práctica se establece que proporcionara un beneficio positivo, puesto que los pavimentos flexibles tendrán una mejora en la carpeta de rodadura, ya que se le añadirá la escoria siderúrgica como agregado en el diseño de las mezclas asfálticas con el fin de mejorar sus cualidades; de esta manera se podrá obtener un pavimento flexible que perdure en el tiempo evitando que se presenten problemas como grietas o fisuras. Por otro lado, se está dando un segundo uso a la escoria siderúrgica, las cuales son eliminadas por parte de las empresas productoras de acero, de esta manera se reduce la cantidad de material acumulado en las escombreras generando deterioro del paisaje, y al emplear estas escorias siderúrgicas en las mezclas asfálticas se pueden preservar los recursos naturales que generalmente se encuentran presentes en dichas mezclas.

La justificación teórica, de la presente investigación se basa en usar la escoria siderúrgica como agregado en las mezclas asfálticas en caliente para mejorar la resistencia de las mismas, con el fin de tener un impacto positivo en los pavimentos flexibles de la Av. Paucartambo. En esta investigación se van a obtener nuevos resultados producto de los ensayos realizados, en base a este

agregado incorporado en las mezclas asfálticas, para que de esta manera pueda servir como base para futuras investigaciones.

La justificación metodológica, de la presente investigación ofrecerá un nuevo instrumento para dar seguimiento a futuros ensayos, con los porcentajes de adición de escoria siderúrgica en las mezclas asfálticas para mejorar los pavimentos flexibles en la Av. Paucartambo.

El objetivo general de la presente investigación, es el de precisar la mejora que proporciona la adición de escoria siderúrgica como agregado en mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020.

Se propusieron cinco objetivos específicos los cuales son, determinar la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en la estabilidad de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020. Determinar la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en el flujo de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020. Determinar la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en el VA de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020. Determinar la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en el VMA de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020. Determinar la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en el VFA de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020.

La hipótesis general que surge a raíz de esta investigación es la de determinar la mejora de las propiedades de las mezclas asfálticas convencionales, con la adición de escoria siderúrgica como agregado en mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020.

Las hipótesis específicas que se formularon en esta investigación fueron las siguientes: la adición de escoria siderúrgica como agregado mejoró la estabilidad en las mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020. La adición de escoria siderúrgica como agregado mejoró el flujo en las mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020. La adición de escoria siderúrgica como agregado mejoró los VA en las mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020. La adición de escoria siderúrgica como agregado mejoró los VMA en las mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020. La adición de escoria siderúrgica como agregado mejoró los VFA en las mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020.

II. MARCO TEÓRICO

A nivel nacional, se tiene a Quipusco y Villegas (2019) en su trabajo de investigación tuvieron como propósito precisar los resultados que genera reemplazar agregado grueso común por siderúrgico, en las características físicas y mecánicas de mezclas asfálticas en caliente. Dicha investigación es de tipo cuantitativa correlacional y de diseño experimental. La población es alguna mezcla asfáltica en caliente que va a ser preparada y la muestra son 150 modelos hechos con alrededor de 200kg de residuos de acero originarios de la empresa de acero Siderperú® situada en la localidad de Chimbote, 350kg de añadidos pétreos de la cantera situada en la zona La Pluma – Batan Grande, Chiclayo y 6 galones de asfalto (PEN 60-70) provenientes de la localidad de Talara, propio de Petroperú®. Los datos se recolectaron con los instrumentos de evaluación con las que trabaja el LEM, entre los más resaltantes tenemos: aparato Marshall y máquina de Los Ángeles. Las conclusiones más resaltantes de esta investigación fueron: los porcentajes de composición óptima de añadidos se consigue al incorporar un 45% de piedra chancada más un 55% de arena; en cuanto al porcentaje de vacíos se ve un aumento de 3.4% a un 6.6%; el porcentaje adecuado para reemplazar la piedra chancada (agregado usual) por escoria siderúrgica es de 12.56%; el flujo es proporcional al porcentaje de escoria; y finalmente el porcentaje ideal de asfalto, usando los elementos mencionados en esta investigación, están en los valores de 5% a 6%.

En Trujillo Briceño y Sánchez (2017) en su investigación tuvieron como propósito estimar el efecto de la adición de fragmentos de desperdicios de llantas, en las características físicas de mezclas asfálticas, por medio del método Marshall, para implantar su aplicación en el diseño y la edificación de pavimentos flexibles. Dicha investigación es de tipo aplicada y experimental. Para la recolección de datos se realizaron ensayos en laboratorios y se emplearon hojas de cálculo para el diseño de mezclas y su posterior estudio. Los resultados que se obtuvieron al emplear una mezcla modelo con un 5% de asfalto ideal, se hizo un contraste para los resultados más sobresalientes respecto a estabildades y flujos conseguidos en los dos casos, destacando los resultados conseguidos para las mezclas con

adición de GCR en un 1.5% y 2.0% estos fueron los únicos aptos. Se concluyó que se realizó un proceso de diseño con el empleo de un 5% de asfalto 20% de añadido pasa 3/4", 35% fragmentos pasa 1/2", 20% de arena lavada zarandeada, otro 20% en arena triturada y un 1.5% de GCR, al lograr alcanzar los valores de estabilidad y flujo indicados en la norma MTC; además solamente los especímenes (briquetas) con el 1.5% y 2.0% de caucho reusado alcanzaron valores que superaron los 900kg de estabilidad.

En Lima, tenemos a Ccoillo (2017) con el objetivo de determinar como los suelos con adición de escoria de altos hornos influirían en el comportamiento de la subrasante en pavimentos flexibles de la Universidad Agraria la Molina en el 2016. Con metodología del tipo aplicada y diseño cuasi – experimental, se obtuvieron los siguientes resultados: Se uso 4 porcentajes de escoria para los ensayos estos fueron 10% - 20% - 30% - 40%; con la adición del 30% de escoria en peso seco se obtuvo un suelo con CBR 48.43% categorizado como un S5, de igual modo el IP (índice de plasticidad) disminuía con cada adición de escoria propuesta es decir, con el 10% de escoria se tenía IP 10.61%, con el 20% de escoria un IP 9.29%, con el 30% de escoria un IP 7.76%, con el 40% de escoria un IP 6.10%. Con respecto a las propiedades mecánicas del suelo arcilloso este proporciono valores de índice de CBR más altos, es decir, con el 10% de escoria se obtuvo un CBR de 24.80%, con 20% de escoria un CBR de 29.82%, con 30% de escoria un CBR de 48.43% y con el 40% de escoria un CBR de 70.00%.

López (2017) en su investigación del tipo aplicada y diseño experimental realizada en Ecuador utiliza como muestra 15 briquetas distribuidas en 5 grupos de 3, donde se distribuye diferentes cantidades de escoria de acero tanto en los agregados gruesos, intermedio, finos y también en el filler. La primera muestra "A" (mezcla patrón), estuvo compuesta de 37.80% de agregado grueso, 48.87% de material intermedio - fino, 5.53% de filler y 7.8% de ligante asfáltico. La segunda muestra "B" compuesta de 37.80% agregado grueso (escoria), 48.87% material intermedio - fino, 5.53% de filler y 7.8% de ligante asfáltico. En la tercera muestra se decidió usar 37.80% de material grueso, 48.87% de material intermedio – fino.

Liu, Li, Zhu y Xu (2019) en su investigación experimental realizada en China, con el objetivo de evaluar el desempeño que proporciona la adición de escoria de acero en la mezcla asfáltica. En este estudio, se mezcló un agregado de escoria de acero con asfalto, para luego compararlo con una mezcla convencional que obedezca los parámetros técnicos de ese país. Las conclusiones más importantes en base a esta investigación fueron: la estabilidad proporcionada fue de 9.12 KN, el valor del flujo de 23.3 mm, 19.64% de vacíos de aire. En base a los resultados obtenidos se pudo observar que el valor de estabilidad Marshall esta dentro de los parámetros requeridos sin embargo el flujo y el % de vacíos de aire difieren de lo que especifica las normas internacionales.

Ochoa, Grimaldo, Orjuela y Muñoz (2018), realizaron una investigación del tipo aplicada y de diseño experimental, planteándose como objetivos el uso de escoria granulada en la fabricación de mezclas asfálticas en caliente, para determinar la mejora del comportamiento de sus propiedades mecánicas y físicas. En el análisis se diseñan y se evalúan dos mezclas asfálticas, una convencional que está regida bajo la norma INVIAS y obedeciendo a un nivel de tránsito (NT3) y la otra mezcla de tipología modificada con escoria granulada sustituyendo en fracciones al agregado fino. Las conclusiones más resaltantes de la investigación arrojo valores de la mezcla modificada con escoria de acero, muy por encima de los valores de la mezcla convencional, estos fueron: estabilidad 15.60 KN, flujo de 2.58 mm, VA 4.2%, VAM 15.5%, VFA 73.00%, todos estos valores determinado en base a un óptimo contenido de asfalto del 5.6%.

Segura (2016) en su estudio experimental realizado en Colombia, en donde se usaron cantidades del (0% - 12.5% - 24% - 31% - 49% - 63%) de escoria de acero como agregado tuvo como objetivo el de estudiar el comportamiento físico y mecánico de una mezcla asfáltica, en el cual se utilizaron 5 briquetas preparadas en laboratorio; al realizar el promedio de las 5 briquetas en donde se usó una mezcla patrón con el 0% de escoria de acero como agregado se obtuvo el valor de estabilidad de 13315 N, flujo de 3.84 mm, relación estabilidad flujo (E/F) de 3471.87 N/mm; posteriormente la briqueta con adición de 12.5% de escoria de acero brindó valores de estabilidad de 17699 N. flujo 2.44 mm, E/F 7266.69. La

briqueta con adición de 24% de escoria de acero proporcionó valores de estabilidad de 18785 N, flujo de 2.03 mm, E/F de 9261.89 N/mm. La briqueta con adición de 31% de escoria de acero determinó valores de estabilidad de 20073 N, flujo de 2.24 mm, E/F de 9001.61 N/mm La briqueta con adición de 49% de escoria de acero determinó valores de estabilidad de 17217 N, flujo de 2.82 mm, E/F de 6117.18 N/mm. La briqueta con adición de 63% de escoria de acero determinó valores de estabilidad de 15246 N, flujo de 2.95 mm, E/F de 5181.38 N/mm. La briqueta con adición de 63% de escoria de acero determinó valores de estabilidad de 15246 N, flujo de 2.95 mm, E/F de 5181.38 N/mm, concluyendo así que la adición de escoria de acero brinda aumento en los valores de estabilidad, flujo y E/F.

Zhao, Wu, Chen y Li (2016) en su investigación experimental realizada en China y con objetivo principal de evaluar los rendimientos funcionales de una mezcla asfáltica, conteniendo agregado grueso de escoria de acero. Utilizo como población a las mezclas asfálticas en los laboratorios chinos y como muestra briquetas de mezcla asfáltica en caliente, los resultados más sobresalientes de la investigación fue que proporcionaron valores de mayor durabilidad de una mezcla asfáltica con la adición de escoria de acero que de una mezcla convencional, además la calidad y la vida útil del pavimento se ve beneficiada gracias a esta opción como agregado mineral. Los valores de resistencia a la fatiga y la estabilidad Marshall se vieron afectados positivamente por el uso de la escoria.

López, Ochoa y Grimaldo (2018) in their research they set themselves the objective check the employ of Basic Oxygen Furnace slag (BOF) as coarse aggregate and analyze the alternative of employing Blast Furnace Dust (BFD) as a fine aggregate; to make asphalt hot mixes for pavements as an option to attenuate the environmental problems induced from the crowding of this steel waste and the exploitation of non-renewable materials, such as gravel and sand. The type of research was experimental, the samples used were a mixture with usual elements (control) and two mixtures that partially and completely supersede the coarse aggregate with BOF and the fine aggregate with BFD. The conclusions that spotlight from this research are: the stability upgrade in the mixtures with slag BOF

and BFD, the upgrade in the mixture M2 with ratio 50-50 of each element being more noticeable. Also, an increment in the flow values was appreciated for altered mixtures with BOF slag and BFD, being better the M3 mixture done with 100% residues; the contribution to the environment of this research try on decreasing the utilize of non-renewable natural resources and the agglomeration of waste to upgrade the environmental of the zones environs the steel factories.

Es importante recalcar que los autores citados en el párrafo anterior además de buscar mejorar las propiedades de las mezclas asfálticas no dejan de lado un tema que actualmente debe ser importante para todos los profesionales, el tema ambiental. Los autores en esta investigación intentan y buscan mitigar los problemas ambientes producidos por la acumulación de los desechos de acero, así como también reducir la cantidad de agregado natural en las mezclas, ya que son recursos no renovables.

Zumrawi y Khalill (2015) in their research they set raised as objective try out the capacity of Steel Slag Aggregates (SSA) to be employed in the making of asphalt mixtures. The type of research was experimental, the samples for the research carried out were 4 four mixtures where the percentages of 0, 25, 50 and 75 of SSA were worked, using the Marshall methodology. The most outstanding results of the hot mix asphalt design were when working with 75% SSA as an aggregate where it was obtained: 6.1% as optimal asphalt content; 1700 KN / M2 of Marshall stability; 3.5% flow; 4.3% Air Voids (VA); 17.4% of voids in mineral aggregates (VMA) and 74% of voids filled with bitumen (VFB). Among their conclusions, the ones that stand out the most are: Regarding the economic factor, the addition of steel slag in asphalt mixtures helps to reduce costs due to the reduction of the use of natural aggregates. Likewise, the steel producing companies can reduce the costs of eliminating large amounts of steel slag, it is also beneficial for the environment since the amount of slag that is taken to the dumps is reduced.

En este trabajo de investigación realizado en Sudán se observa la importancia de reducir el empleo de agregado natural en las mezclas asfálticas en caliente, ya que además de ser beneficioso para el medio ambiente, porque reduce las

grandes cantidades de escoria que son llevadas a las escombreras; también lo es para la mezcla asfáltica ya que mejora sus propiedades. Por ello el empleo de la escoria de acero se puede considerar como una opción razonable para sustituir el agregado convencional usado en las mezclas asfálticas.

Dipu, Mintu, Golam and Mohd (2015) in their research set out to analyze the effects of using residual concrete dust and brick dust; comparing them to putty containing mixes like fine sand and generally used stone dust mix as they are cheaper and more abundant in Bangladesh. The research was applied and experimental. The study population is a hot sample that will be prepared and the samples are 45 manufactured specimens of 101.6 mm in diameter and 63.5 mm in thickness; sample preparation, compaction, and testing were performed in accordance with ASTM D1559 (Marshall Mix Design Method). The conclusions of this investigation were that the Marshall stabilities of the samples that have fine filler sand and mixture of stone dust, waste concrete dust and brick dust were 9.8 KN, 11.1 KN and 11.3 KN respectively, thereby satisfying the limit value of 5.33 KN according to the requirements of the Marshall Design.

Los autores mencionados en su investigación se plantearon como objetivo buscar alternativas que sean más viables para la elaboración de las mezclas asfálticas para los pavimentos flexibles. Es por ello que analizaron los efectos de usar materiales de desecho en la construcción como parte de los agregados presentes en los diseños Marshall para la elaboración de probetas y posterior a ellos realizar los ensayos correspondientes. De esta manera además de mejorar las propiedades de las mezclas asfálticas en caliente reducen la cantidad de desechos que emite el sector de la construcción en Bangladesh.

Morcote (2019) con el objetivo general de evaluar el desempeño mecánico de mezclas asfálticas en caliente con adición de escorias como agregado, de tipo aplicada y diseño experimental. El autor utiliza una población de mezclas asfálticas en caliente de la cual toma como muestra a 12 probetas de mezcla asfáltica donde añade la escoria en un 50% y 100% como reemplazo del agregado, además de agente modificador de la mezcla. Esto lleva a la conclusión

que la adición de este modificador debe de reemplaza el 100% del agregado que queda en la malla N° (2 mm). Además de la importancia de su composición química del 22.5% de SiO₂ y el 33.57% de CaO. Con respecto a los parámetros determinados por el ensayo Marshall se concluyó que el óptimo contenido de asfalto resulto ser del 5%, estabilidad de 17652 N, flujo de 3.7 mm.

Aktas y Bozdemir (2017), en su investigación del tipo aplicada y de diseño experimental, utilizo como muestras a cuatro especímenes los cuales contenían escoria de acero en cantidades del 25% - 50% - 75% - 100%. El objetivo de la investigación fue determinar la influencia de la escoria en el diseño de una mezcla asfáltica. Las conclusiones más importantes demostraron que el uso del 100% de escoria como reemplazo de agregado mineral brindaron resultados de estabilidad 18.95 KN, flujo de 2.5 mm, VA 12%, VMA 22% y VF 40%. Todos estos valores en base a un óptimo contenido de asfalto del 4.5%.

Hosseinzadhe, Rezaei y Hosseini (2016) with the general objective of determining the improvement of the performance of a hot mix asphalt based on the addition of steel slag as fine aggregate. The research is of an applied type and experimental design, where hot asphalt mixtures are used as a population, as a sample they were used in 7 briquettes with different gradations of coarse aggregate and different sizes of slag as fine aggregate. The conclusions provided by the author mention that: the M2 mix with an optimal asphalt cement content of 3%, addition of coarse aggregate between the values of 0 - 5 mm - 12 - 25 mm in addition to the addition of slag of 0 - 5 mm As a fine aggregate, it gave stability of 26.44 KN and flow 3.1 mm.

En esta investigación se observa el uso de diferentes gradaciones para 7 briquetas diseñadas en laboratorio, las gradaciones esta compuestas de agregado grueso convencional y escoria siderúrgica como reemplazo de agregado fino; se utilizó un tipo de cemento asfáltico de 60/70, además el tamaño del agregado grueso y de la escoria variaron entre los 0 – 5 mm, 5 – 12 mm, 12 – 25 mm. Las conclusiones fueron determinantes ya que gracias a este modificador los valores de la estabilidad y flujo Marshall resultaron ser positivos.

En los siguientes párrafos se explicará de manera teórica las variables relacionadas al tema de investigación, así como sus respectivas dimensiones.

Los pavimentos, son estructuras compuestas por multicapas ubicadas horizontalmente, estas capas se encuentran conformadas por materiales granulares previamente seleccionados. Las capas están diseñadas para tolerar las cargas impuestas por el tráfico y las condiciones ambientales que se presentan en el entorno en donde está ubicado el pavimento, además de proporcionar seguridad, comodidad y confort a los vehículos y usuarios que transitan por la vía⁶

La *escoria siderúrgica* es el material obtenido después del enfriamiento brusco que sufre los residuos de acero en los altos hornos⁷

La *escoria siderúrgica* es un producto procedente de las empresas siderúrgicas, resultan de la separación de los residuos de acero fundido en hornos de producción de acero⁸

“[...] emplear las escorias en capas de rodadura, formando parte del ligamento bituminoso de las capas asfálticas de las carreteras. Para este uso la escoria debe de someter al test de lixiviación [...]; [...] cumplir el test de hinchamiento cuyo resultado no debe ser superior al 0.5% [...]”⁹

Las *escorias de acero* se pueden aplicar en mezclas asfálticas en caliente para las capas de rodadura de las carreteras debido a que tienen buenas cualidades como lo es el menor riesgo de hinchamiento y la afinidad buena con el asfalto. De

⁶ RONDON, H. y REYES, F. Pavimentos materiales, construcción y diseño. Colombia: Biblioteca nacional de Colombia, 2015. ISBN 978-958-771-175-2

⁷ REZOLA, J. Características y correcta aplicación de los diversos tipos de cemento. Barcelona: Editores técnicos asociados, 1976. ISBN 84-7146-085-8

⁸ PARRON, M. XXI CONGRESO NACIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA. Elche: Editorial de la Universidad Miguel Hernández de Elche, 2016. ISBN 978-84-16024-37-7

⁹ ELIAS, X. Reciclaje de residuos industriales. Madrid: Ediciones Días de Santos SA, 2012. ISBN 978-84-9969-366-8

esta manera se reduce el impacto ambiental producido por la acumulación de escorias en las escombreras¹⁰

La *escoria* cumple con las normas vigentes, es decir que pueden ser usadas en *mezclas asfálticas*. Según USCS la *escoria* es considerada como un GP, es decir una grava mal graduada¹¹

El uso de *escoria siderúrgica* en el hormigón proporciona muchas ventajas, en particular es muy empleada en firmes de carreteras y pavimentos, debido a que este residuo proporciona altos valores en la resistencia y pulido en sus propiedades mecánicas y físicas¹²

La principal desventaja del uso de *escoria de acero*, es la falta de finos en su granulometría, sin embargo, es subsanable con la adición de finos de otras canteras y/o el polvo de acero. Su alto valor en estado suelto (1900 kg/cm³), que al ser compactada en una mezcla asfáltica bordea los (300 kg/cm³), es decir que aumenta que su costo en volumen en una mezcla asfáltica aumenta. Como ventaja la escoria de acero propone el rehusó de un residuo que muchas veces ocupa un espacio importante; se reduce la explotación de diversas canteras, el uso de energía y combustibles necesarios para realizar nuevos ensayos y procesamientos en mezclas asfálticas nuevas. En las *mezclas asfálticas* este agregado proporciona mejores características que hacen que el pavimento mejore su desempeño y aumente su vida útil¹³

¹⁰ ELIAS, X. Reciclaje de residuos industriales. Madrid: Ediciones Días de Santos SA, 2012. ISBN 978-84-9969-366-8

¹¹ SANCHEZ, H. Estado del arte sobre las Escorias Negras de Horno de Arco Eléctrico y su aplicación en pavimentos. Colombia: Revista L'esprit Ingeniux, 2016, Enero-Diciembre, 1. 63-72, ISSN 2422-2445

¹² CONTRERAS, F. Validación de escorias de horno de arco eléctrico mediante su uso como adición en hormigón. España: Universidad de Málaga, 2017.

¹³ CHOQUE, R. Viabilidad para el uso de la escoria de acería eléctrica como agregado en mezcla asfáltica en la ciudad de Chimbote. Perú: Universidad Nacional de Huancavelica, 2015.

Los *pavimentos flexibles* en el Perú están diseñados con *mezclas asfálticas* convencionales provistos de materiales bituminosos, agregados pétreos y de requerir aditivos para su protección y/o mejoramiento¹⁴

Las *mezclas asfálticas* esta normalmente constituida por agregados los cuales presentan características tales como, forma, angularidad, resistencia al desgaste, resistencia al pulimiento, adhesividad y resistencia al desplazamiento, plasticidad, limpieza, alterabilidad, resistencia al desprendimiento, aptitud para contribuir a la resistencia y rigidez de la mezcla en conjunto¹⁵

Las *mezclas asfálticas* en caliente son fabricados con asfalto en rangos de unos 150C°, dependiendo del ligante, se calientan también todos los agregados que intervienen, para que así el asfalto no se enfríe al estar en contacto con ellos. La puesta en obra debe de aplicarse en temperaturas mayores a las del ambiente, caso contrario la trabajabilidad de la mezcla, esparcimiento y compactación no serán los adecuados¹⁶

Tabla 1: Gradación de mezclas asfálticas en caliente (MAC)

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA		
	MAC-1	MAC-2	MAC-3
25.0 mm (1")	100		
19.0 mm (3/4")	80-100	100	
12.5 mm (1/2")	67-85	80-100	
9.5 mm (3/8")	60-77	70-88	100
4.75 mm (N 4)	43-54	51-68	65-87
2.00 mm (N 10)	29-45	38-52	43-61
425 um (N 40)	14-25	17-28	16-29
180 um (N 80)	8 - 17	8 - 17	9 - 19
75 um (N 200)	4 - 8	4 - 8	5 - 10

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013)

¹⁴ MINISTERIO de transportes y comunicaciones. Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos. PERÚ: MTC, 2014.

¹⁵ ARANGUREN, E. Caracterización de una mezcla asfáltica empleando alquitrán, escoria granulada y agregado de caliza. Colombia, 2015.

¹⁶ CARRIZALES, J. Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos flexibles. Perú: Universidad Nacional del Altiplano, 2015.

Las *mezclas asfálticas* habitualmente usadas presentan una gran sensibilidad ante las deformaciones, ahuellamientos, deterioros, ante grandes cargas cíclicas impuestas sobre su superficie¹⁷

La *estabilidad* determinada por el aparato Marshall es la máxima oposición a la deformación a una razón constante cuando se le aplica ciertas cargas de tránsito. Los valores de la estabilidad Marshall varían de acuerdo al tipo y grado del bitumen usado, así como las características y gradación de los agregados. El flujo Marshall es una medida determinada de la deformación del espécimen durante el ensayo de estabilidad. No existen valores ideales que midan el flujo Marshall, pero hay aceptables, si el flujo sobrepasa los límites superiores, la mezcla es considerada como plástica e inestable y si está por debajo del límite inferior esta es considerada como muy rígida¹⁸

[...]. The *VMA* are defined as the intergranular void space between the aggregate particles in a compacted asphalt mixture that includes the air voids and the effective asphalt content, expressed as a percent of the total volume [...]"¹⁹

El *VMA* o *vacíos en el agregado mineral*, es la zona intergranular entre los agregados que componen la mezcla asfáltica, estos son de gran importancia ya que proporciona una compactación adicional después de haberse colocado la carpeta asfáltica.

"[....]. Percentage of *air voids* in the compacted asphalt mixture: The air voids in the total compacted asphalt mixture consists of small air spaces between the asphalt binder coated aggregate particles [...]"²⁰

El (*VA*), son los pequeños espacios que se ubican entre los agregados pétreos envueltas en aglutinante de asfalto.

¹⁷ REYES, L. y FIGUEROA, A. Uso de desechos plásticos en mezclas asfálticas. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana, 2008. ISBN 978-958-716-136-6

¹⁸ MINISTERIO de transportes y comunicaciones. Manual de ensayo de materiales. Perú: MTC, 2016.

¹⁹ LAVIN, P. Asphalt Pavements. Londres: Taylor y Francis Group, 2003. ISBN 0-203-76153-7

²⁰ LAVIN, P. Asphalt Pavements. Londres: Taylor y Francis Group, 2003. ISBN 0-203-76153-7

El termino VFA añade un elemento de seguridad complementario en el esquema y desarrollo de elaboración en términos de su función; desde que ocurren cambios entre la etapa de diseño y la ejecución, el incremento en el margen de error es aceptable²¹

“[...]. The Marshall mix design is used to determine the optimum bitumen content of dense graded AC with 25.4 mm maximum nominal aggregate size. This method is specified by Asphalt Institute (MS-2), by ASTM D 6926-04 (2010) and by ASTM D 6927-06 (2006) or AASHTO T 245 (2013). It consists of a specimen production 100 mm (or 101 mm) in diameter, compacted with an impact Marshall compactor, using a Marshall apparatus for stability and flow determination as well as for volumetric property determination (air voids, voids in the mineral aggregate [VMA] and voids filled with asphalt [bitumen] [VFA]). Because they are empirical properties, Marshall stability and flow cannot be used in analytical pavement design calculations [...]”²²



Figura 1. Mechanical Marshall compaction hammer

El método comúnmente usado para la determinación y elaboración de mezclas asfálticas en caliente es el método Marshall, el cual fue elaborado en 1943 por el ingeniero Bruce Marshall, siendo un ensayo usado solo para mezclas asfálticas en caliente (MAC). Este plantea el uso de agregados del tamaño de 25 mm o 1”

²¹ INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE (México). Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas, No. 246. Ciudad de México: Sanfandila, 2004, 54pp.

²² NIKOLAIDES, A. Highway Engineering. Londres: Taylor y Francis Group, 2015. ISBN 978-1-4665-7997-2

como máximo para posteriormente ser modificados por partículas de 38 mm, este ensayo usa muestras de altura de 64 mm o 2 ½" y de diámetro 102 mm o 4". Actualmente es el método más usado en el proceso de determinación de mezclas asfálticas en caliente, ya que brinda valores de las propiedades y características como estabilidad, fluencia, densidad, porcentaje de vacíos y porcentaje de vacíos en el agregado mineral en rangos adecuados especificados en las normas nacionales e internacionales.

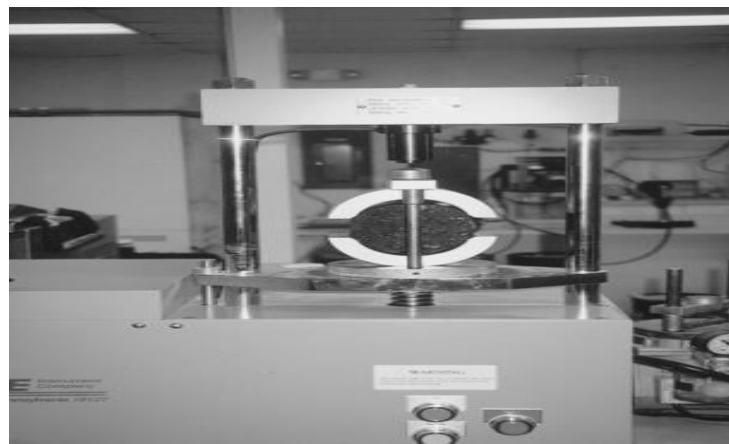


Figura 2: Marshall testing machine and Marshall testing head

Con lo mencionado anteriormente por el autor del libro Highway Engineering y el Manual de Carreteras EG-2013, en base al ensayo Marshall obtendríamos valores semejantes de estabilidad, flujo, VA, VMA y VFA semejantes a los presentados en la siguiente tabla:

Tabla 2: Resumen de resultados de prueba con el aparato Marshall

Asphalt binder content (%)	G_{mb}	G_{mm}	Stability (kN)	Flow, 0.25 mm	P_a	VMA (%)	VFA (%)
4.0	2.371	2.494	7.9	10.4	4.9	13.1	62.6
4.5	2.393	2.473	8.2	9.7	3.2	12.8	75.0
5.0	2.401	2.464	8.7	9.8	2.6	12.9	79.8
5.5	2.423	2.441	7.4	11.6	0.7	12.6	94.4
6.0	2.420	2.423	6.2	12.2	0.1	13.2	99.2

Fuente: (Lavin, 2003)

Tabla 3: Condición para mezcla de concreto bituminoso

PARAMETRO DE DISEÑO	CLASE DE MEZCLA		
	A	B	C
MARSHALL MTC E 504			
1. COMPACTACION, NUMERO DE GOLPES POR LADO	75	50	35
2. ESTABILIDAD (MINIMO)	8.15 KN	5.44 KN	4.53 KN
3. FLUJO 0.01" (10 \wedge -2 Pulg) (0.25 MM)	0.08 pulg - 0.14 pulg 2mm - 3.6 mm	0.08 pulg - 0.16 pulg 2mm - 4.1 mm	0.08 pulg - 0.20 pulg 2mm - 5.1 mm
4. PORCENTAJE DE VACIOS CON AIRE (1) (MTC E 505)	3 - 5	3 - 5	3 - 5
5. VACIOS EN EL AGREGADO MINERAL	VER TABLA 423 -10 (MTC, 2013)		
INMERSION - COMPRESION (MTC E 518) 1. RESISTENCIA A LA COMPRESION MPA MIN 2. RESISTENCIA RETENIDA % (MIN)	2.1 75	2.1 75	1.4 75
RELACION POLVO - ASFALTO (2)	0.6 - 1.3	0.6 - 1.3	0.6 - 1.3
RELACION ESTABILIDAD / FLUJO (KG/CM) (3)	1700 - 4000		
RESISTENCIA CONSERVADA EN LA PRUEBA DE TRACCION INDIRECTA AASHTO T 283	80 MIN		

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013)

Tabla 4: Requisitos para los agregados gruesos

ENSAYOS	NORMA	REQUERIMIENTO	
		ALTITUD (msnm)	
		≤ 3000	> 3000
DURABILIDA (al sulfato de magnesio)	MTC E 209	18% MAX	15% MAX
ABRASION LOS ANGELES	MTC E 207	40% MAX	35% MAX
PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS	ASTM 4791	10% MAX	10% MAX
CARAS FRACTURADAS	MTC E 210	85 / 50	90 / 70
SALES SOLUBLES TOTALES	MTC E 219	0.5% MAX	0.5% MAX
ABSORCION Y PESO ESPECIFICO	MTC E 206	1% MAX	1% MAX

Fuente: (Ministerio de transporte y comunicaciones, 2013)

Tabla 5: Requisitos para los agregados finos

ENSAYOS	NORMA	REQUERIMIENTO	
		ALTITUD (msnm)	
		≤ 3000	> 3000
EQUIVALENTE DE ARENA	MTC E 114	60	70
AZUL DE METILENO	AASTHO TP 57	8 MAX	8 MAX
INDICE DE PLASTICIDAD (MALLA N° 40)	MTC E 111	NP	NP
DURABILIDA (AL SULFATO DE MAGNESIO)	MTC E 209	-	18% MAX
INDICE DE PLASTICIDAD (MALLA N° 200)	MTC E 111	4 MAX	NP
SALES SOLUBLES TOTALES	MTC E 219	0.5% MAX	0.5% MAX
ABSORCION Y PESO ESPECIFICO	MTC E 205	0.5% MAX	0.5% MAX

Fuente: (Ministerio de transporte y comunicaciones, 2013)

Tabla 6: Selección del tipo de cemento asfáltico

TEMPERATURA MEDIA ANUAL			
24° C o MAS	24° C o 15° C	15° C o 5° C	MENOS DE 5° C
40 -50 o 60-70 o modificado	60-70	85-100 120-150	Asfalto Modificado

Fuente: (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2013)

Tabla 7: Clasificación del cemento asfáltico por penetración

TIPO		GRADO DE PENETRACION									
GRADO	ENSAYO	PEN 40-50		PEN 60-70		PEN 85-100		PEN 120-150		PEN 200-300	
		MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX
PRUEBAS SOBRE EL MATERIAL BITUMINOSO											
PENETRACION A 25°C, 100 G, 5S, 0.1 MM	MTC E 304	40	50	60	70	85	100	120	150	200	300
PUNTO DE INFLAMACION °C	MTC E 312	232		232		232		218		177	
DUCTILIDAD, 25°C, 5 CM/MIN, CM	MTC E 306	100		100		100		100		100	
SOLUBILIDAD EN TRICLORO - ETILENO %	MTC E 302	99.0		99.0		99.0		99.0		99.0	
INDICE DE PENETRACION (SUSCEPTIBILIDAD TERMICA)	MTC E 304	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1	-1	1
ENSAYO DE LA MANCHA											
SOLVENTE NAFTA - ESTANDAR	AASHTO M20	NEGATIVO		NEGATIVO		NEGATIVO		NEGATIVO		NEGATIVO	
SOLVENTE NAFTA - XILENO %		NEGATIVO		NEGATIVO		NEGATIVO		NEGATIVO		NEGATIVO	
SOLVENTE HEPTANO - XILENO %		NEGATIVO		NEGATIVO		NEGATIVO		NEGATIVO		NEGATIVO	
PRUEBAS SOBRE LA PELICULA DELGADA A 163 °C, 3.2 MM, 5 H											
PERDIDA DE MASA, %	ASTM D 1754		0.8		0.8		1.0		1.3		1.5
PENETRACION RETENIDA DESPUES DEL ENSAYO DE PELICULA FINA, %	MTC E 304	55+		52+		47+		42+		37+	

Fuente: (Ministerio de transporte y comunicaciones, 2013)

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

El *tipo de investigación de acuerdo a su fin* es aplicativo, porque trata de analizar cómo influye la adición de escoria siderúrgica como agregado en las mezclas asfálticas en caliente para mejorar la estabilidad, flujo, vacíos en el agregado mineral (VMA), vacíos de aire (VA) y vacíos llenos de asfalto (VFA).

An applied research aims to find a solution for a current problem present in a certain area, applying the theory present in manuals, books and other reliable sources of information²³

Este tipo de investigación conduce a un fin práctico, donde su propósito consiste en la aplicación del saber para facilitar respuestas a problemas específicos, con ello se busca resolver problemas importantes para la sociedad²⁴

An investigation is applied when it seeks to solve a specific problem faced by a person, society or company²⁵

Applied research focuses on finding solutions to practical and / or specific problems in a short time, in the shortest possible time, compared to basic research whose purpose is to expand knowledge²⁶

Por lo expuesto en el párrafo anterior, es aplicada ya que se puso en práctica la teoría adquirida para realizar las muestras y ensayos para su posterior análisis de

²³ KOTHARI, C. Research Methodology Methods and Techniques [en línea]. 2ª ed. India: New Age International, 2004, p. 3. [Consultado 25 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-81-224-2488-1

²⁴ RODRIGUEZ, W. Guía de investigación científica [en línea]. Lima: Fondo Editorial UCH, 2011, p. 37-38. [Consultado 25 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-612-4109-04-1

²⁵ BUSHAN, S. Y ALOK, S. Handbook of Research Methodology: A Compendium for Scholars & Researchers [en línea]. India: Educreation Publishing, 2017, p. 3. [Consultado 11 de noviembre de 2020]. ISBN: 978-15-457-0340-3.

²⁶ SUPINO, P. y BORER, J. Principles of Research Methodology: A Guide for Clinical Investigators [en línea]. Estados Unidos: Springer, 2012, p. 4. [Consultado 11 de noviembre de 2020]. ISBN: 9781461433590.

resultados con el objetivo de resolver la problemática presentada en este trabajo para el beneficio de la población afectada.

El *tipo de investigación de acuerdo al nivel* es explicativo porque a causa del estudio de las variables y su relación, se podrá evaluar la influencia de la escoria siderúrgica en las mezclas asfálticas en caliente para mejorar la resistencia de las mismas y por ende contar con un pavimento flexible acuerdo a las necesidades la población.

Un estudio explicativo no solo se basa en describir conceptos o sucesos, el interés principal se centra en mostrar porque ocurre un fenómeno y bajo que condicione se manifiesta este, es decir establecer las causas de un fenómeno.²⁷

Es así que esta investigación es de nivel explicativo ya que se mostró como la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en mezclas asfálticas mejoró los pavimentos flexibles.

El *diseño de investigación* es experimental, ya que tiene como propósito hacer mejoras en las propiedades de la mezcla asfáltica en caliente para de esta manera mejorar los pavimentos flexibles.

El diseño de investigación experimental tiene como esencia la manipulación intencional de una acción para evaluar los posibles resultados, es decir se realiza una manipulación intencional de la variable independiente para estudiar los efectos que dicha manipulación tiene sobre una variable dependiente²⁸

The most striking thing in an experimental investigation is that the authors or researchers have the power to control and intentionally alter the variables that are

²⁷ HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C y BAPTISTA, P. Metodología de la Investigación [en línea]. 6ª ed. México: McGraw-Hill, 2014, p. 95. [Consultado 25 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-1-4562-2396-0

²⁸ HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C y BAPTISTA, P. Metodología de la Investigación [en línea]. 6ª ed. México: McGraw-Hill, 2014, p. 129. [Consultado 25 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-1-4562-2396-0

present in the events that interest them, in order to review and measure the effect that one causes on the other²⁹

El *enfoque de la investigación* es cuantitativo, debido a que se plantearan hipótesis las cuales se comprobarán mediante el experimento que se realizaran entre la variable independiente y dependiente, para determinar la relación entre las mismas y los efectos productos del experimento

Un enfoque cuantitativo emplea la recopilación de información para demostrar probabilidades en base a la evaluación numérica y un estudio estadístico con el propósito de comprobar teorías³⁰

Quantitative research is considered purely scientific, accurate and based on facts that are represented in figures³¹

En la investigación presente se plantearon hipótesis iniciales antes de realizar ensayos o experimentos con las variables, por ello tiene un enfoque cualitativo porque en base a los resultados de los experimentos se comprobaron las hipótesis asumidas.

3.2 Variables y Operacionalización

La *operacionalización* se basa en la definición conceptual y operacional de la *variable*, por ello el proceso de transitar de la variable a sus dimensiones, posterior a ello a sus indicadores y finalmente a sus ítems.³²

²⁹ COHEN, L, MANION, L y MORRISON, K. Research Methods in Education [en línea]. 6ª ed. Estados Unidos: Taylor & Francis Group, 2007, p. 272. [Consultado 25 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-0-203-02905-3

³⁰ HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C y BAPTISTA, P. Metodología de la Investigación [en línea]. 6ª ed. México: McGraw-Hill, 2014, p. 4. [Consultado 25 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-1-4562-2396-0

³¹ JONKER, J. y PENNINK, B. The Essence of Research Methodology [en línea]. Estados Unidos: Springer, 2010, p. 38. [Consultado 11 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-3-540-71658-7

³² HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C y BAPTISTA, P. Metodología de la Investigación [en línea]. 6ª ed. México: McGraw-Hill, 2014, p. 211. [Consultado 25 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-1-4562-2396-0

En la presente investigación se aplicó este proceso de operacionalización a las dos variables definidas, donde se realiza su definición conceptual, definición operacional, sus dimensiones, indicadores, instrumento y escala de medición.

Una *variable* es una característica cuyo cambio es apto para cuantificarse o examinarse. Las variables obtienen importancia para un estudio cuando logran vincularse con otras variables, en otras palabras, si conforman parte de una hipótesis.³³

Por lo expuesto, las variables para la presente investigación son:

Variable independiente (Cuantitativo): Escoria siderúrgica.

Variable dependiente (Cuantitativo): Mezclas Asfálticas en caliente.

3.3 Población, muestra y muestreo

La *población* es el total de un conglomerado de casos que encajan con ciertos detalles, y donde se pretende generalizar los resultados obtenidos.³⁴

Se entiende que la población para una investigación es el conjunto de individuos u objetos que comparten una serie de características observables en un determinado lugar. La población que se evaluó en esta investigación será las mezclas asfálticas diseñadas en laboratorios de Lima.

La *muestra* viene a ser un subgrupo o subconjunto de la población. Se procura que este subgrupo sea una firme evidencia del conglomerado de la población.³⁵

Tal como se menciona la muestra a elegir debe cumplir con todas las especificaciones de nuestra población, para que permita realizar una correcta

³³ HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C y BAPTISTA, P. Metodología de la Investigación [en línea]. 6ª ed. México: McGraw-Hill, 2014, p. 105. [Consultado 25 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-1-4562-2396-0

³⁴ HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C y BAPTISTA, P. Metodología de la Investigación [en línea]. 6ª ed. México: McGraw-Hill, 2014, p. 174. [Consultado 25 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-1-4562-2396-0

³⁵ HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C y BAPTISTA, P. Metodología de la Investigación [en línea]. 6ª ed. México: McGraw-Hill, 2014, p. 175. [Consultado 25 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-1-4562-2396-0

investigación y análisis de los resultados. Con ellos se busca que al generalizar los resultados estos se cumpla para toda la población. La muestra que se utilizó en esta investigación fue el de una mezcla asfáltica en caliente en la cual se añadirá escoria siderúrgica.

El *muestreo probabilístico*, nos indica que de manera aleatoria cualquier elemento de la población cuenta con la misma probabilidad de ser escogido para la muestra correspondiente del estudio a realizar.³⁶

En el muestreo aleatorio o probabilístico la muestra se forma al azar, con el fin u objetivo de que todos los elementos de la población cuenten con la misma posibilidad de ser seleccionados³⁷

El muestreo de la investigación por lo descrito líneas arriba fue probabilístico ya que se seleccionó la muestra a estudiar en los ensayos de forma aleatoria.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La observación es un procedimiento para la recopilación de datos que facilita reunir y organizar información acerca del objeto de investigación que posee conexión con el tema de investigación. También facilita conseguir datos próximos a como está operando el objeto de investigación actualmente.³⁸

Se puede considerar a la observación como una técnica muy importante para todo investigador ya que mediante una buena planificación sobre el objeto a estudiar se pueden realizar los formularios o fichas correspondientes para tener un registro para la recolección de datos aplicando la técnica mencionada anteriormente.

Para esta investigación se observaron de manera cuidadosa las características de las briquetas antes y durante los ensayos a realizar. Antes, con el fin de garantizar

³⁶ HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C y BAPTISTA, P. Metodología de la Investigación [en línea]. 6ª ed. México: McGraw-Hill, 2014, p. 175. [Consultado 25 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-1-4562-2396-0

³⁷ RODRIGUEZ, W. Guía de investigación científica [en línea]. Lima: Fondo Editorial UCH, 2011, p. 148. [Consultado 25 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-612-4109-04-1

³⁸ ESPINOZA, C. Metodología de investigación tecnológica [en línea]. Huancayo: Grafica SAC, 2010, p. 110. [Consultado 25 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-612-0222-3

que el estado y la cantidad del material cumple con las normas establecidas y durante para examinar los datos con cautela y exactitud.

Un *instrumento* de evaluación, es un medio que emplea un investigador para anotar o apuntar datos observables sobre las variables a estudiar en un trabajo.³⁹

Los datos fueron recolectados empleando los formatos elaborados de recolección de datos, los cuales han sido leídos de los instrumentos de evaluación con las que cuenta el laboratorio para realizar este tipo de ensayos, de los cuales los que más sobresalen son: balanzas, aparato Marshall, hornos eléctricos entre otros.

La validez en resumen alude al grado en que el instrumento seleccionado mide verdaderamente la variable que busca medir.⁴⁰

Para la presente investigación el instrumento a empleado es la recolección de datos el cual va a contar con una respectiva evaluación y prueba de validez la cual fue firmada por 3 ingenieros expertos para comprobar que las herramientas empleadas y detalladas sean las adecuadas.

La confiabilidad es cuando un instrumento al realizar reiteradas veces a un objeto la genera resultados similares. Un ejemplo sencillo para poder comprender sobre la confiabilidad de un instrumento, si se va medir la presión de un tanque de gas se empleará un manómetro con el cual se harán 3 mediciones cada 4 minutos, en la primera lectura se obtiene 5 psi, en la segunda 12 psi y en la tercera 4 psi; con estos resultados se concluye que el manómetro no es confiable.⁴¹

Para avalar la confiabilidad en la presente investigación, los instrumentos que se emplearon fueron calibrados y probados antes de proceder con los ensayos, así mismo el laboratorio que se usó contó con certificaciones que avalen sus trabajos.

³⁹ HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C y BAPTISTA, P. Metodología de la Investigación [en línea]. 6ª ed. México: McGraw-Hill, 2014, p. 199. [Consultado 25 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-1-4562-2396-0

⁴⁰ HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C y BAPTISTA, P. Metodología de la Investigación [en línea]. 6ª ed. México: McGraw-Hill, 2014, p. 200. [Consultado 25 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-1-4562-2396-0

⁴¹ ESPINOZA, C. Metodología de investigación tecnológica [en línea]. Huancayo: Grafica SAC, 2010, p. 133. [Consultado 25 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-612-0222-3

3.5 Procedimientos

Para la presente investigación se realizaron los procedimientos siguientes detallados en los párrafos líneas abajo, con el fin de obtener resultados para analizar los objetivos planteado al inicio, comprobar las hipótesis planteadas y elaborar las respectivas conclusiones y recomendaciones.

Como primer paso, se va obtuvo la escoria siderúrgica de una de la empresa productora de acero Aceros Arequipa ubicada en la Av. Argentina n° 5682 distrito de Carmen de la Legua en el departamento de Lima.

Seguidamente como paso número dos, se seleccionó una mezcla asfáltica en caliente, de manera aleatoria, de los laboratorios que se encuentran en el distrito de Puente Piedra.

Como tercer paso se agregó la escoria siderúrgica en la mezcla asfáltica en caliente para proceder a realizar el ensayo Marshall para determinar las propiedades físico-mecánicas de la mezcla asfáltica modificada.

Como cuarto paso vamos se realizó la comparación de los resultados obtenidos de la mezcla asfáltica en caliente con adición de escoria siderúrgica con los parámetros que brinda el MTC 2014 para el diseño de una mezcla asfáltica convencional.

Finalmente, después de realizar las comparaciones entre estas dos mezclas asfálticas en caliente, se redactarán las conclusiones y recomendaciones de la presente investigación.

3.6 Método de análisis de datos

El método de análisis de datos, procede cuando la información ya se ha reunido y pasado a una matriz, almacenado en un documento y corrigiendo los errores presentes.⁴²

En la actualidad el avance tecnología permite emplear softwares computacionales para almacenar grandes cantidades de datos, información y así mismo poder analizarlas con las diversas herramientas que nos ofrecen estos programas computacionales.

En la presente investigación se emplearon hojas de cálculo para realizar las comparaciones entre los resultados y poder organizarlas de manera ordenada para su posterior análisis y revisión.

3.7 Aspectos técnicos

En el presente proyecto de investigación se tomaron en cuenta los siguientes principios éticos para su desarrollo:

Confiabilidad, la investigación se llevará a cabo de manera responsable y ética, acatando todas las normativas que se deben seguir para los ensayos en laboratorio, así mismo se emplearan los métodos adecuados para realizar el análisis y representación de datos.

Honestidad, los resultados que se obtendrán para la investigación serán verídicos, ya que no se va a manipular o alterar los resultados de los ensayos a realizar.

Originalidad, se respetan completamente todos los derechos de autor en este trabajo de investigación. Se realizan las citas con su referencia correspondiente, para evitar plagios y resaltar los aportes de los autores citados la presente

⁴² HERNANDEZ, R, FERNANDEZ, C y BAPTISTA, P. Metodología de la Investigación [en línea]. 6ª ed. México: McGraw-Hill, 2014, p. 272. [Consultado 25 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-1-4562-2396-0

investigación. Así mismo se respeta la norma ISO690:2010 (E) y para la referencia bibliográfica se empleó el estilo ISO 690 y 690-2.

Responsabilidad y Seriedad, se asumirá toda responsabilidad por el presente trabajo y su contenido. Se realizarán modificaciones o correcciones de manera rápida ante una eventual omisión o cualquier error detectado después de su publicación.

IV. RESULTADOS

Descripción de la zona de estudio

Nombre de la Tesis:

Adición de escoria siderúrgica como agregado en mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020.

Ubicación Política:

Puente Piedra es uno de los 50 distritos que pertenece a la provincia de Lima, departamento de Lima.



Figura 3: Mapa distrital de Lima.



Figura 4: Mapa político del Perú.

Ubicación del Proyecto

Provincia de Lima y Distrito de Puente Piedra.

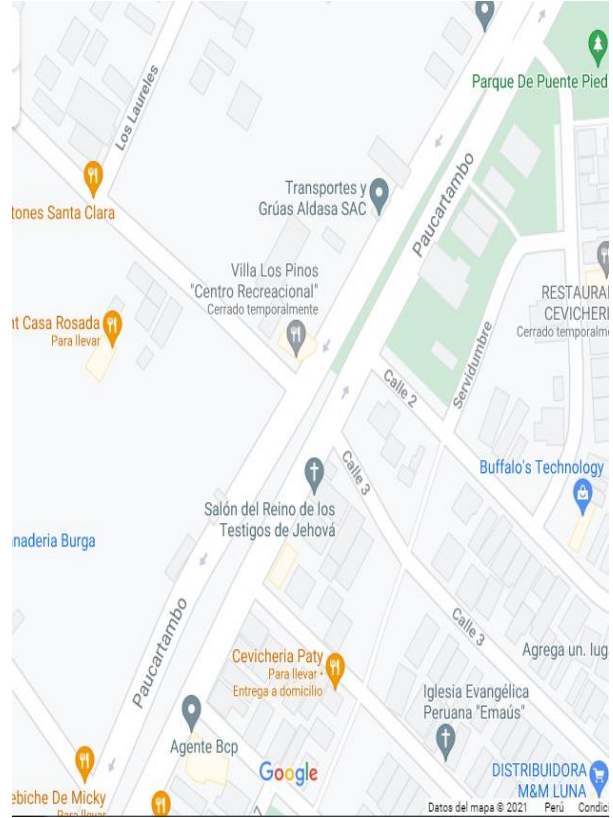
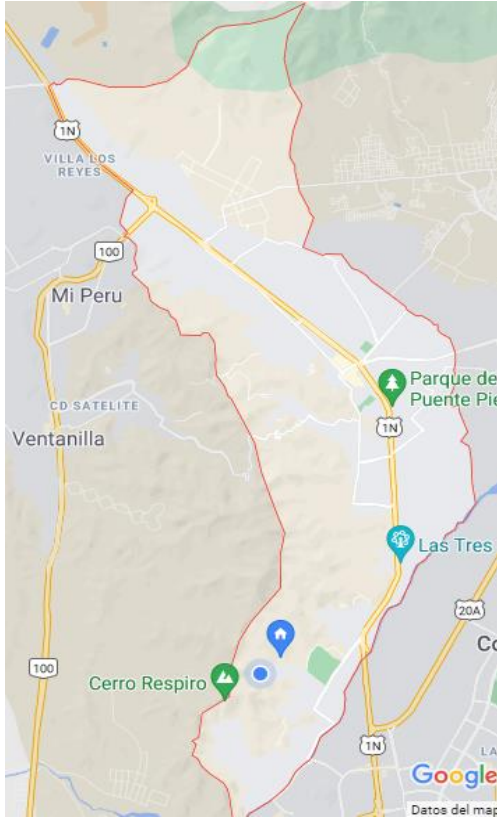


Figura 5: Mapa distrital de Puente Piedra. Figura 6: Mapa de ubicación Av. Paucartambo

Límites

- Norte : Con el distrito de Ancón.
- Sur : Con los distritos de Los Olivos y Comas.
- Este : Con el distrito de Carabayllo.
- Oeste : Con el distrito de Ventanilla.

Ubicación Geográfica:

El distrito de Puente Piedra tiene las coordenadas; UTM -11.861349, -77.083392, este tiene una superficie de 57.00 km², además posee una altitud de 186 msnm. Cuenta con una población actual de 353,327 Hab. y la densidad poblacional actual es de unos 6,198.7 Hab./km².

Vías de Acceso

Para lograr acceder al distrito de Puente Piedra podemos definir 2 vías, siendo la primera y la más importante la carretera PANAMERICANA NORTE, que cruza totalmente el distrito de Puente Piedra de norte a sur. Como segunda alternativa se tiene la Av. San Juan de Dios, que conecta a los distritos de Carabaylo, Comas y cierta parte de San Martín de Porres, esta es una vía nueva y que por sectores se encuentra tramos de trocha carrozable, no siendo muy accesible para vehículos.

Clima

El distrito de Puente Piedra tiene un promedio de temperatura anual de 19.3 °C, con precipitaciones de 161 mm/año. Prevalece el ambiente húmedo ya que estar al ser unos de los distritos colinda con el océano pacífico los vientos provenientes del mar repercuten en el clima local del distrito.

RESULTADOS DE LABORATORIO

En este apartado, se mostrará los resultados que se obtuvieron en base a los ensayos propuestos inicialmente y a su vez se hará la interpretación correspondiente guiándonos de la reglamentación vigente.

ESTABILIDAD



Figura 7: Estabilidad Marshall



Figura 8: Calibración para el ensayo

Tabla 8: Valores de estabilidad Marshall

Descripción	Adición de Escoria de Acero					EG-2013
	0%	3%	6%	9%	12%	
%Cemento Asfáltico:	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	-
Peso Específico Bulk Promedio (gr/cm ³):	2.368	2.364	2.378	2.405	2.414	-
Estabilidad Corregida Promedio (KN):	15.21	14.72	16.23	16.65	16.76	> 8.15 KN

Fuente: Elaboración propia

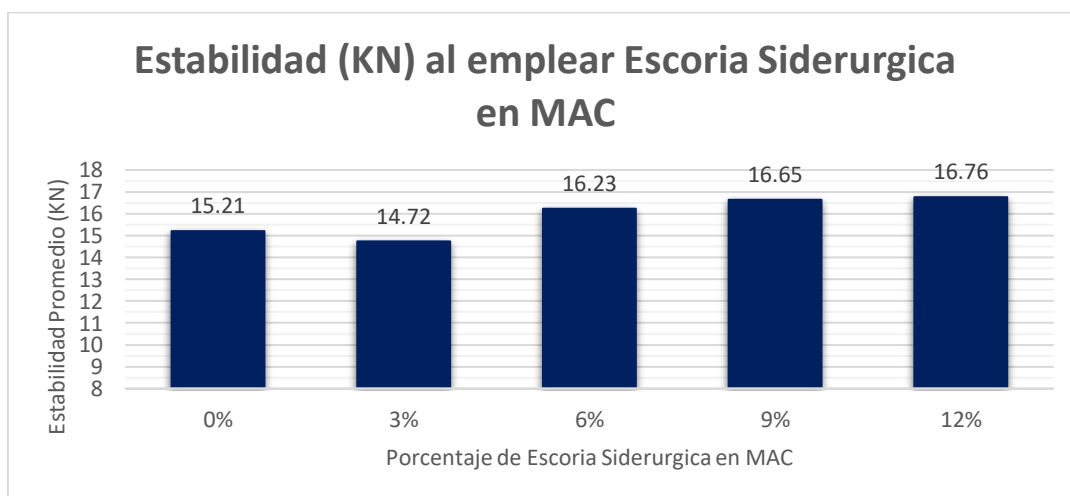


Figura 9: Valores de estabilidad Marshall

Como se observó en la figura 9, para la mezcla patrón se obtuvo la medida de 15.21 KN, mientras para la mezcla con una adición del 3% se apreció un descenso a 14.72 KN; luego para las demás mezclas se observó que todas alcanzaban valores mayores a la mezcla inicial; es así que se obtuvieron los valores de 16.23 KN para la mezcla con 6%, 16.65 KN para un 9% y 16.76 KN para un 12% de agregado siderúrgico en la mezcla, reconociendo que todos los valores cumplen con el valor mínimo requerido por la norma (8.15 KN).

FLUJO



Figura 10: Flujo Marshall



Figura 11: Calibración para el ensayo de flujo

Tabla 9: *Valores de flujo Marshall*

Descripción	Adición de Escoria de Acero					EG-2013
	0%	3%	6%	9%	12%	
%Cemento Asfáltico:	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	-
Peso Específico Bulk Promedio (gr/cm ³):	2.368	2.364	2.378	2.405	2.414	-
Flujo Promedio (mm):	3.58	3.5	3.58	3.92	4.5	2 a 3.6 mm

Fuente: Elaboración propia

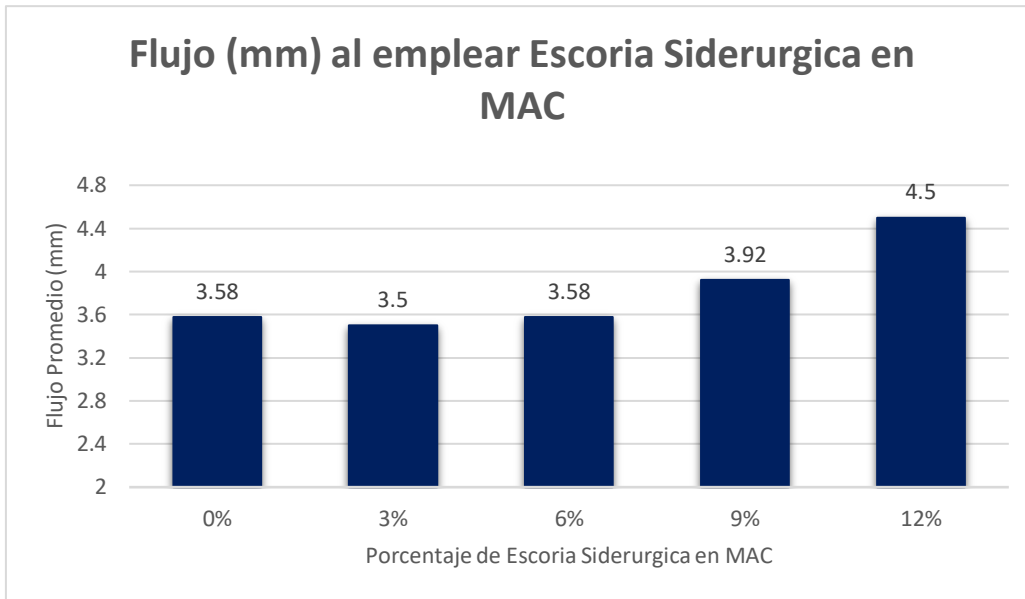


Figura 12: valores de flujo Marshall

Como se observó en la figura 12, para la mezcla patrón se obtuvo la medida de 3.58 mm, mientras para la mezcla con una adición del 3% se apreció un descenso a 3.50 mm; luego manteniéndose el valor inicial de 3.58 mm para un 6%, se observó que todas alcanzaban mayores valores respecto a la mezcla inicial; es así que se obtuvieron los valores de 3.92 mm para la mezcla con 9% y 4.50 mm para un 12% de agregado siderúrgico en la mezcla, reconociendo que solo los porcentajes de 3 y 6% cumplen con el valor mínimo requerido por la norma (2 a 3.6 mm).

VA



Figura 13: Maquina baño maría



Figura 14: Briquetas de ensayo

Tabla 10: Valores de VA

Descripción	Adición de Escoria de Acero					EG-2013
	0%	3%	6%	9%	12%	
%Cemento Asfáltico:	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	-
Peso Especifico Bulk Promedio (gr/cm3):	2.368	2.364	2.378	2.405	2.414	-
Vacíos (VA) Promedio (%):	4.82	6.74	6.48	5.93	5.87	[3 - 5]

Fuente: Elaboración propia

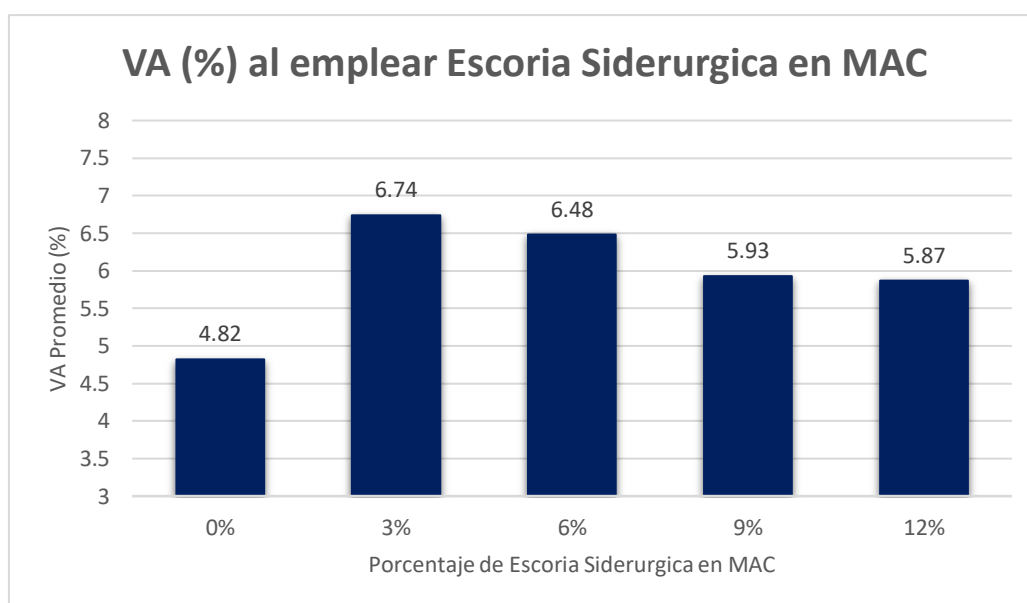


Figura 15: valores de VA en la MAC

Como se examinó en la figura 15, para la mezcla con un 0% se obtuvo la medida de 4.82%, mientras que las demás mezclas aumentaron sus valores en 6.74% para un 3%, 6.48% para un 6%, 5.93% para un 9% y 5.87% para un 12%; es así que solo la mezcla inicial cumplió con lo requerido por la norma al estar en el rango de (3 – 5 mm), las demás se alejaron del límite máximo establecido.

VMA



Figura 16: Briquetas ensayadas



Figura 17: Briquetas con diferentes %

Tabla 11: *Valores de VMA*

Descripción	Adición de Escoria de Acero					EG-2013
	0%	3%	6%	9%	12%	
%Cemento Asfáltico:	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	-
Peso Específico Bulk Promedio (gr/cm ³):	2.368	2.364	2.378	2.405	2.414	-
Vacíos en el Agr. Mineral (VMA) Promedio (%):	17.4	17.7	17.2	16.3	16	> 14

Fuente: Elaboración propia

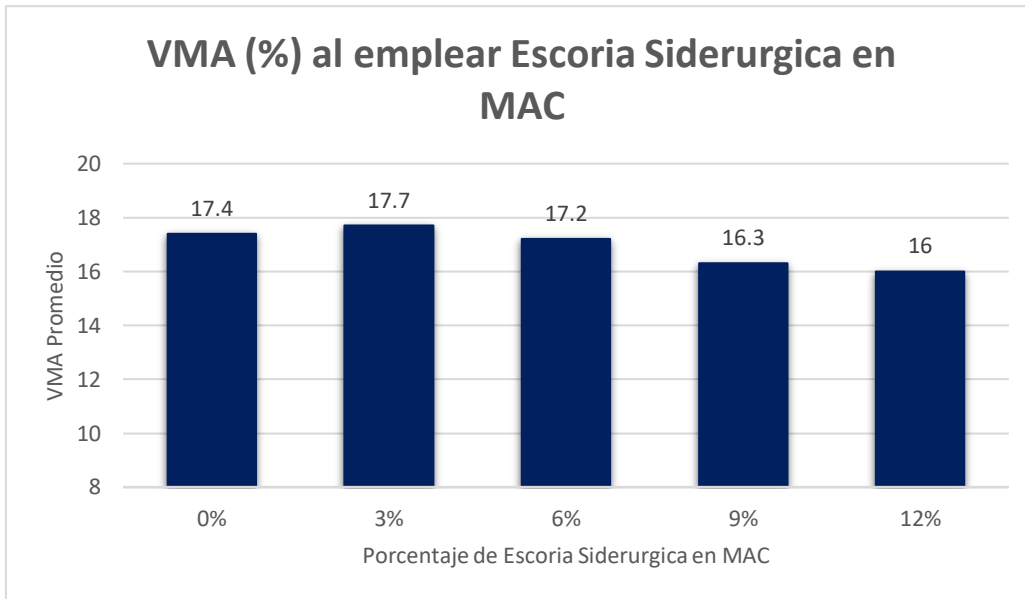


Figura 18: Valores de VMA en la MAC

Como se analizó en la figura 18, para la mezcla con un 0% se obtuvo la medida de 17.40%, mientras que las demás mezclas tuvieron valores de 17.70% para un 3%, 17.20% para un 6%, 16.30% para un 9% y 16.00% para un 12%; es así que los todos los valores cumplieron con lo requerido por la norma al superar el mínimo solicitado que es de 14%.

VFA



Figura 19: Briquetas elaboradas



Figura 20: Tesistas

Tabla 12: Valores de VFA

Descripción	Adición de Escoria de Acero					EG-2013
	0%	3%	6%	9%	12%	
%Cemento Asfáltico:	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	-
Peso Específico Bulk Promedio (gr/cm3):	2.368	2.364	2.378	2.405	2.414	-
Vacíos llenos con asfalto (VFA) Promedio (%):	72.4	62	62.4	63.6	63.2	[65 - 75]

Fuente: Elaboración propia

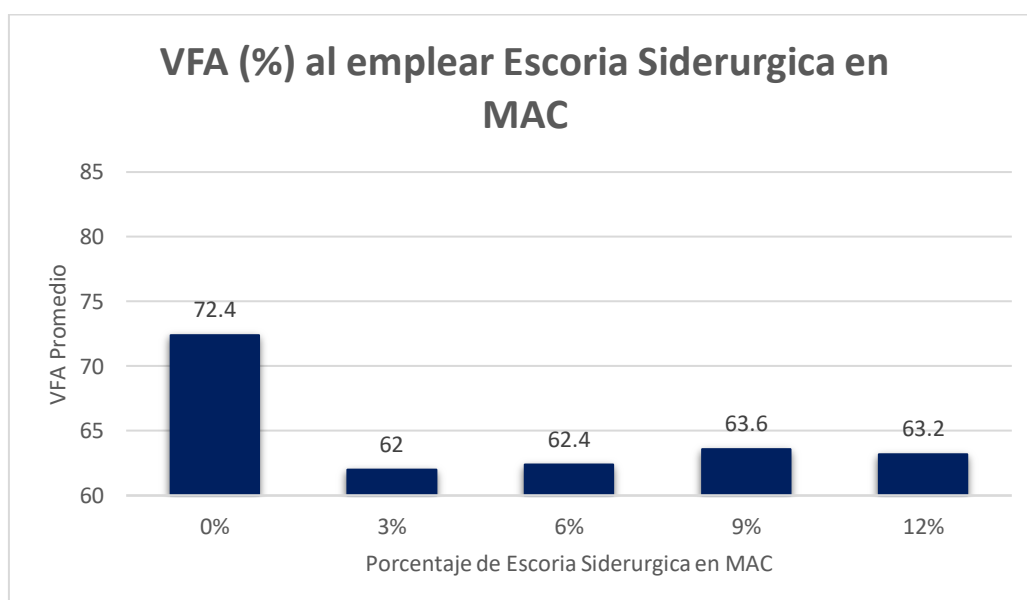


Figura 21: Valores de VFA en la MAC

Como se estudió en la figura 21, para la mezcla con un 0% se obtuvo la medida de 72.40%, mientras que las demás mezclas disminuyeron sus valores en 62.00% para un 3%, 62.40% para un 6%, 63.60% para un 9% y 63.20% para un 12%; es así que solo la mezcla inicial cumplió con lo requerido por la norma al estar en el rango de (65 – 75%), mientras que las demás no alcanzaron el límite mínimo requerido.

V. DISCUSIÓN

Para el primer objetivo específico mencionado en este trabajo, donde se buscó analizar la influencia de la escoria siderúrgica en la estabilidad de las MAC, para poder obtener los resultados, empleamos la máquina para pruebas de estabilidad Marshall. Se menciona la investigación de Segura (2016) quien elaboro 5 briquetas con adición de escoria siderúrgica con los siguientes porcentajes 0%, 12.5%, 24%, 31%, 49% y 63%, donde obtuvo como resultados para la estabilidad los valores de 13.31 KN, 17.70 KN, 18.76 KN, 20.07 KN, 17.22 KN y 15.25 KN respectivamente. En nuestra tesis para una MAC con 0% de escoria se obtuvo 15.21 KN, para un 3% con 14.72 KN, para un 6% con 16.23 KN, para 9% con 16.65 KN y para un 12% con 16.76 KN. Podemos decir que en los resultados de Segura se mostró un incremento de los valores en la propiedad mencionada, para cada porcentaje de escoria que se empleó en la MAC, respecto a su mezcla base; en comparación a nuestra tesis donde en el primer caso de modificación (3%) se mostró una disminución en los valores respecto a nuestra mezcla patrón, mientras que en los demás casos se observó un aumento. Es importante mencionar y recalcar que, si bien en nuestro caso no todos los porcentajes tuvieron un aumento en los resultados, todas cumplen con lo que solicita por el Manual de Carreteras que exige como mínimo un 8.15 KN.

En nuestro segundo objetivo donde se buscó determinar la influencia de la escoria en el valor del flujo en las MAC, para obtener estos resultados se empleó la misma máquina que en el objetivo anterior. Se menciona en esta oportunidad a Quipusco y Villegas (2019) donde trabajaron con porcentajes de escoria de 0%, 25%, 50%, 75% y 100% donde obtuvieron como resultado para el flujo valores de 3 mm, 3 mm, 2.98 mm, 3 mm y 3mm respectivamente. En la presente tesis se obtuvo como resultados para las MAC con porcentajes de escoria de 0%, 3%, 6%, 9% y 12% los siguientes resultados, 3.58 mm, 3.50 mm, 3.58 mm, 3.92 mm y 4.50 mm respectivamente. En la investigación de Quipusco y Villegas sus valores se mantienen alrededor de 3 mm para todos los porcentajes de escoria con los cuales trabajaron, mientras que en nuestro caso solo las 3 primeras (0%, 3% y 6%) se mantienen entre 3.50 y 3.60, y los ultimo dos porcentajes se alejan

demasiado llegando hasta 4.50 mm. Entonces podemos mencionar que los valores de Quipusco y Villegas para todas las dosificaciones con las que trabajaron cumplieron con lo que solicita el manual ya que los valores deben estar en el rango de 2 mm a 3.6 mm, mientras que en nuestro caso solo la mezcla base y las dosificaciones de 3% y 6% cumplen dicho requisito. Lo expresado en este párrafo se puede apreciar en la siguiente tabla.

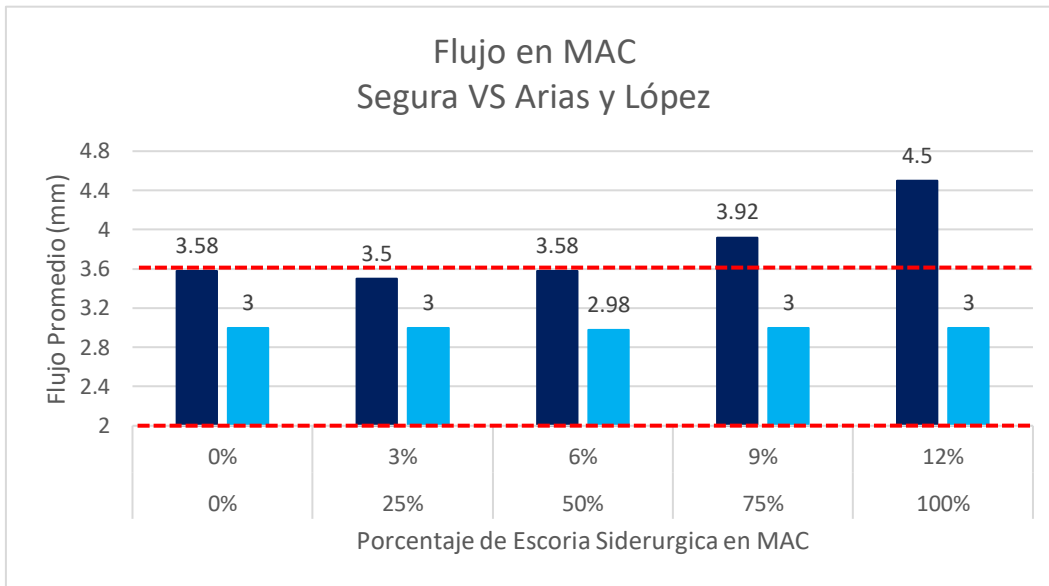


Figura 22: Comparación de resultados de Flujo en la MAC

En nuestro tercer objetivo planteado para la presente investigación se buscó determinar la influencia de la escoria en el VA de las MAC, para obtener se necesitarán los siguientes datos: peso específico máximo y peso específico bulk de la briqueta para posterior a ello reemplazar en la fórmula y calcular dicho resultado. En este apartado mencionamos a López (2017) quien tuvo como resultado para el VA de su briqueta A un valor de 3.69 %, para la B un 3.85%, para la C un 0.50%, para la D un 2.05% y para la E un 2.34%. Por otro lado, en nuestro proyecto obtuvimos como resultado para nuestras briquetas con porcentaje de escoria de 0% un valor de 4.82%, para un 3% un valor de 6.74%, para un 6% un valor de 6.48%, para un 9% un valor de 5.93% y finalmente para un 12.00% un valor de 5.87%. Los resultados que obtuvimos en nuestra investigación son mayores a los de López y si bien en la investigación del autor mencionado, solo las briquetas A y B cumple con la norma que exige que dicho

valor, esta en el rango de 3 a 5 mm mientras que las demás briquetas C, D y E no llegan a dichos valores por estar muy por debajo, en nuestro caso, solo la mezcla con 0% obtuvo un valor de 4.82% y es la única que este dentro del rango mencionado cumpliendo con dicho requisito, ya que en los demás porcentajes exceden el límite llegando a un máximo valor de 6.48%.

En nuestro penúltimo objetivo de la presente investigación se buscó determinar la influencia de la escoria siderúrgica en el VMA de las MAC. En esta oportunidad vamos a mencionar una vez más a los autores Quipusco y Villegas (2019) quienes trabajaron con los siguientes porcentajes 0%, 25%, 50%, 75% y 100% obteniendo como resultados en el VMA valores de 12.85%, 13.15%, 13.50%, 13.80% y 14.00% respectivamente. En nuestra investigación obtuvimos como resultados para un 0% un valor de 17.40%, para un 3% un valor de 17.7%, para un 6% un valor de 17.20%, para un 9% un valor de 16.30% y para un 12.00% un valor de 16.00%. Los valores que nosotros obtuvimos fueron más elevados en todas nuestras dosificaciones, que los de los autores mencionados líneas arriba, en el caso de ellos sus valores cumplen con la norma ya que para su tipo de agregados el valor mínimo es de 12% para el VMA, mientras que en nuestro caso el valor mínimo es de 14%; cumpliendo con los valores requeridos por la norma.

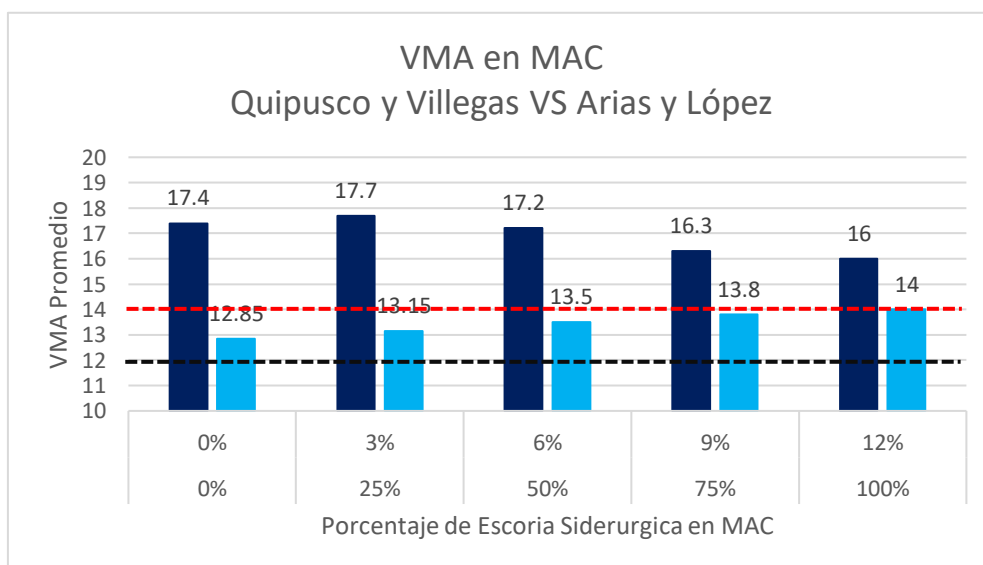


Figura 23: Comparación de resultados del VMA en la MAC

Para nuestro último objetivo de la presente investigación se planteó determinar la influencia de la escoria en el VFA en las MAC. En esta ocasión volvemos a citar a López (2017) quien obtuvo como resultados para el VFA valores de 74.91% para una briqueta de tipo A, 74.70% para una briqueta tipo B, 95.98% para una briqueta tipo C, 84.74% para una briqueta tipo D y finalmente 82.64% para una briqueta tipo E. En nuestro caso para este estudio se obtuvo como resultado los valores de 72.40% para un porcentaje de 0%, 62.00%, para un porcentaje de 3%, 62.40% para un porcentaje de 6%, 63.60% para un porcentaje de 9% y finalmente 63.20% para un porcentaje de 12%. Los requisitos para el autor mencionado en su país según la norma el VFA debe estar en el rango de 65.00% a 75.00%; por ello respecto a los resultados solo las briquetas tipo A y B cumplen con lo que exige la norma. En nuestro caso, según la norma y la clasificación de la Av. Paucartambo, el valor debe oscilar entre 65 – 75%, entonces según los resultados obtenidos solo la mezcla con 0% de escoria está cumpliendo con ello, mientras con las mezclas con los porcentajes de 3%, 6%, 9% y 12% no llegan a lo mínimo requerido por el manual.

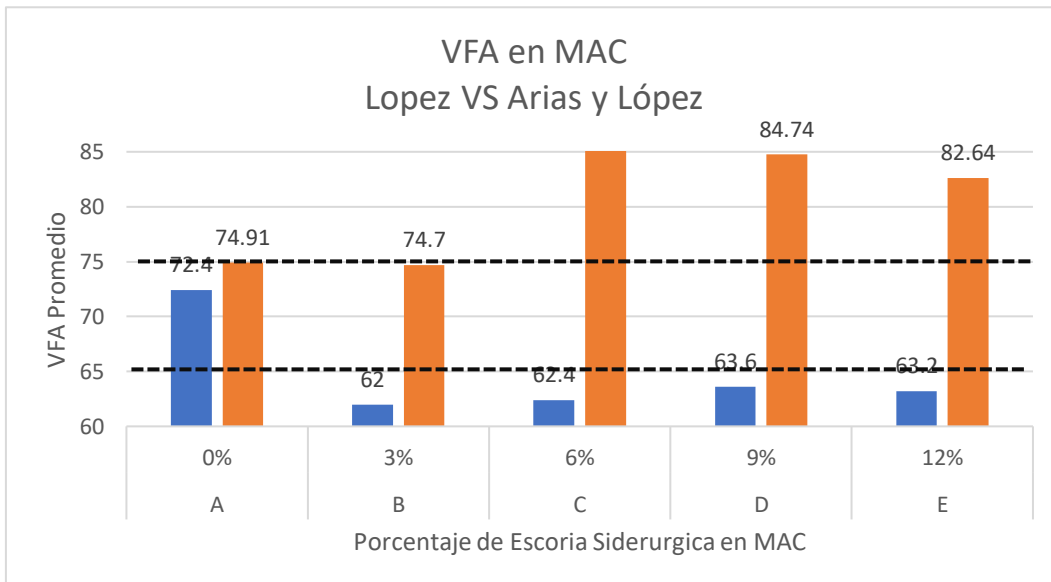


Figura 24: Comparación de resultados del VFA en la MAC

VI. CONCLUSIONES

1. Se concluye que al agregar el 3% - 6% - 9% - 12% de escoria en la MAC con un porcentaje de CA óptimo del 5.4%, de los cuales los porcentajes donde se produce un incremento de la estabilidad (KN) respecto a la mezcla base, la cual es 15.21 KN, son las de 6% con un valor de 16.23 KN, para el 9% un valor de 16.66 KN y la de 12% con un valor de 16.77 KN, por otro lado al emplear el 3% el valor disminuye a 14.72 KN. Sin embargo, se recalca que todos los diseños de mezcla usados cumplen con el valor de estabilidad requerido por el Manual de Carreteras Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG – 2013.
2. En base a la adición del 3% - 6% - 9% - 12% de escoria en la MAC con un porcentaje de CA óptimo del 5.4%, se observó que el valor del flujo para el 3% y 6% fueron de 3.50 mm y 3.58 mm respectivamente, en el primer caso se evidencio que hubo una disminución respecto al modelo con 3.58 mm, mientras que en el segundo caso se mantuvo el mismo valor. Para los valores de 9% y 12%, con valores de 3.92 mm y 4.50 mm respectivamente, hubo un mayor incremento con respecto a la mezcla base. Concluyendo que los valores del 3% y 6%, son los únicos que cumplieron con el valor requerido de flujo por el manual.
3. Al usarse los porcentajes de 3% - 6% - 9% - 12% de escoria en la MAC con un porcentaje de CA óptimo del 5.4%, se analizó, para la mezcla con un 0% se proporcionó la medida de 4.82 %, siendo el único valor que cumple en lo solicitado por la norma (3 – 5%); mientras que las demás mezclas no cumplieron con dicho rango, arrojando valores de 6.74% para un 3%, 6.48% para un 6%, 5.93% para un 9% y 5.87% para un 12%.
4. Se concluye que para todos los porcentajes estudiados cumplieron con el valor mínimo establecidos por la norma, al presentar valores para la mezcla con un 0% se obtuvo la medida de 17.40%, mientras que las demás

mezclas tuvieron valores de 17.70% para un 3%, 17.20% para un 6%, 16.30% para un 9% y 16.00% para un 12%.

5. Se determinó que solo la mezcla con un 0% cumplió con el rango establecido por la norma (65 - 75%); mientras que los demás porcentajes evidenciaron disminuciones que las alejaron del límite mínimo permitido, teniendo como valores de 62.00% para un 3%, 62.40% para un 6%, 63.60% para un 9% y 63.20% para un 12%.
6. Se concluye en base al estudio realizado que, si bien el empleo de la escoria en la MAC permite que algunas de sus propiedades se vean beneficiadas como la estabilidad, hace que otras no estén dentro de los valores mínimos solicitados por el Manual de Carreteras EG – 2013. Razón por la cual no se puede emplear para la rehabilitación y/o mejoramiento de las vías, ya que, no se cumple a cabalidad con todos los requisitos estudiados en esta investigación.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda evaluar los porcentajes de escoria que serán usados para el diseño de la MAC, así como sus características, componentes y propiedades de las mismas para un ensayo más detallado, obteniendo mejores y más precisos resultados, con la cual puedan guiarse futuros investigadores.
2. Tener en cuenta la disponibilidad de este agregado, puesto a que en Lima no existen plantas masivas de producción de acero, con ello volviéndose un factor de desgaste de tiempo y dinero, convirtiéndose en un costo indirecto adicional al presupuesto inicialmente establecido.
3. Se recomienda evaluar los valores de estabilidad, puesto a que muchas veces estos presentan resultados que cumplen con la norma, sin embargo, produciendo rigideces adicionales en el pavimento conllevando a si a fisuras en la carpeta asfáltica.
4. Se recomienda evaluar los valores del flujo, ya que valores alejados en los establecidos por la norma conlleva a deformaciones, ahuellamientos, desgastes adicionales de la CA.
5. Tomar como recomendación, el uso de estos productos considerados como desechos, para posteriores investigaciones, no solamente en las MAC, sino como agregado en diferentes composiciones de materiales de construcción, disminuyendo la contaminación ambiental producida por estos sub productos.
6. Se sugiere tomar en cuenta más investigaciones relacionadas a estos métodos para de diseño de MAC, no solo con el fin de mejorar o rehabilitar una vía, sino con el fin de considerar que tan viable en tiempo y costo es el proyecto.

REFERENCIAS

- AKTAS, B. y BOZDEMIR, S. Evaluation of waste slags produced by zinc industry in bituminous hot mixtures. *Journal of Material Cycles & Waste Management* [en línea]. 2017, Vol. 19, (192 - 200). 192 - 199. [Fecha de consulta: 10 de septiembre del 2020]. DOI: 10.1007/s10163-015-0400-0. Disponible en: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=26&sid=a5cc1e2a-f8df-448b-b773-3b1e2b71e430%40sdc-v-sessmgr02>
- ARANGUREN, E. Caracterización de una mezcla asfáltica empleando alquitrán, escoria granulada y agregado de caliza [en línea]. Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2015. [Fecha de consulta: 19 de marzo del 2021]. Disponible en: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/13369/Tesis%20UMNG%202014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- BUSHAN, S. Y ALOK, S. *Handbook of Research Methodology: A Compendium for Scholars & Researchers* [en línea]. India: Educreation Publishing, 2017. [Fecha de Consulta: 11 de noviembre de 2020]. ISBN: 9781545703403. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=O54wDwAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false>
- CARRIZALES, J. Asfalto modificado con material reciclado de llantas para su aplicación en pavimentos flexibles [en línea]. Perú: Universidad Nacional del Altiplano, Puno, 2015. [fecha de consulta: 23 de abril del 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/1888>
- COHEN, L., MANION, L. y MORRISON, K. *Research Methods in Education* [en línea]. 6ª ed. Estados Unidos: Taylor & Francis Group, 2007. [Fecha de Consulta: 30 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-0-203-02905-3.

Disponible en: <https://gtu.ge/Agro-Lib/RESEARCH%20METHOD%20COHEN%20ok.pdf>

CCOILLO, I. Comportamiento de la subrasante de suelos con adición de escoria en pavimentos flexibles de la Universidad Agraria la Molina – 2016 [en línea]. Perú: Universidad Cesar Vallejo, Lima, 2017. [fecha de consulta: 12 de marzo del 2021]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/13342>

CONTRERAS, F.. Validación de escorias de horno de arco eléctrico mediante su uso como adición en hormigón [en línea]. Tesis doctoral. Universidad de Málaga, 2017. [fecha de consulta: 16 de marzo del 2021]. Disponible en: https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/16075/TD_CONTRERAS_DE_VILLAR_Francisco.pdf?sequence=1

CHOQUE, R. Viabilidad para el uso de la escoria de acería eléctrica como agregado en mezcla asfáltica en la ciudad de Chimbote [en línea]. Perú: Universidad Nacional de Huancavelica, Huancavelica, 2015. [Fecha de consulta: 18 de enero del 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/224>

DELGADO, P. Colombia: con pocas vías terciarias y en mal estado. *El Espectador* [en línea]. Colombia, 3 de diciembre del 2018. [Fecha de Consulta: 7 de septiembre del 2020]. Disponible en: <https://www.elespectador.com/noticias/economia/colombia-con-pocas-vias-terciarias-y-en-mal-estado/>

DIPU, S., M, M., GOLAN, C., y M, S. Effect of Using Waste Material as Filler in Bituminous Mix Design. *American Journal of Civil Engineering* [en línea]. 2015, Mayo 3,3; 88-94 [Fecha de Consulta: 11 de noviembre del 2020]. ISSN: 330-8737. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Mdmintu-Miah/publication/281591140_Effect_of_Using_Waste_Material_as_Filler_in

[_Bituminous_Mix_Design/links/55ef104608aef559dc44b46b/Effect-of-Using-Waste-Material-as-Filler-in-Bituminous-Mix-Design.pdf](#)

ELÍAS, X. *Reciclaje de Residuos Industriales* [en línea]. 2ª ed. Madrid: Ediciones Diaz de Santos S.A, 2012 [Fecha de Consulta: 29 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-84-9969-366-8. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=8yWSZEBQsXgC&pg=PA562&dq=escoria+de+acero+xavier+elias&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwixs_2Xs6HsAhU9JrkGHXKWCO8Q6AEwAXoECAEQAg#v=onepage&q=escoria%20de%20acero%20xavier%20elias&f=false

ESPINOZA, C. *Metodología de investigación tecnológica* [en línea]. Huancayo: Grafica SAC, 2010 [Fecha de Consulta: 30 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-612-0222-3. Disponible en: <https://ciroespinoza.files.wordpress.com/2012/01/metodologc3ada-de-investigac3b3n-tecnolc3b3gica.pdf>

FERNANDEZ, C. Baches de alto riesgo: vías que conducen a hospitales y clínicas en pésimo estado. *El Comercio* [en línea]. Perú, 12 de septiembre del 2019. [Fecha de Consulta: 7 de septiembre del 2020]. Disponible en: <https://elcomercio.pe/lima/sucesos/baches-alto-riesgo-san-borja-san-isidro-vias-conducen-hospitales-clinicas-pesimo-ecpm-noticia-675195-noticia/?ref=ecr>

HERNÁNDEZ, R., FERNÁNDEZ, C. y BAPTISTA, P. *Metodología de la Investigación* [en línea]. 6ª ed. México: McGraw-Hill, 2014 [Fecha de Consulta: 25 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-1-4562-2396-0. Disponible en: <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

HOSSEINZADHE, N., REZAEI, M. y HOSSEINI, S. Investigation and Performance Improvement of Hot Mix Asphalt Concrete Containing EAF Slag. *IACSIT International Journal of Engineering and Technology* [en línea]. 2016, Vol. 8, (4). 260 – 264. [Fecha de consulta: 14 de octubre del 2020]. DOI: 10.7763/IJET.2016.V8.895. Disponible en: <http://www.ijetch.org/vol8/895-E0015.pdf>

INSTITUTO mexicano del transporte (México). *Aspectos del diseño volumétrico de mezclas asfálticas*, No. 246. Ciudad de México: Sanfandila, 2004, 54pp. ISSN: 0188-7297. Disponible en: <https://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt246.pdf>

JONKER, J. y PENNINK, B. *The Essence of Research Methodology* [en línea]. Estados Unidos: Springer, 2010. [Fecha de Consulta: 11 de septiembre del 2020]. ISBN: 9783540716587. Disponible en: <http://www.yanchukvladimir.com/docs/Library/Essence%20of%20Research%20methodology%20-%20A%20Concise%20Guide%20for%20Master%20and%20PhD%20Students%202010.pdf>

KOTHARI, C. *Research Methodology Methods and Techniques* [en línea]. 2ª ed. India: New Age International, 2004 [Fecha de Consulta: 25 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-81-224-2488-1. Disponible en: <https://www.pdfdrive.com/kothari-research-methodology-methods-and-techniques-2004-e158027136.html>

LAVIN, P. *Asphalt Pavements* [en línea]. Londres: Taylor y Francis Group, 2003 [fecha de consulta: 8 de octubre del 2020]. ISBN: 0-203-76153-7. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=10NZDwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

LIU, W., LI, H. y XU, P. Properties of a Steel Slag-Permeable Asphalt Mixture and the Reaction of the Steel Slag-Asphalt Interface. *Materials* [en línea]. 2019,

Vol. 12, (21). 1 – 10. [Fecha de consulta: 14 de octubre del 2020].
DOI:10.3390/ma12213603. Disponible en:
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6862639/>

LÓPEZ, D. Mejoramiento de la carpeta asfáltica a base de escoria siderúrgica para pavimentos flexibles (mezcla asfáltica) [en línea]. Tesis titulada. Universidad Politécnica Salesiana, Quito, 2017. [Fecha de consulta: 19 de setiembre del 2020]. Disponible en:
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14565/1/UPS%20-%20ST003209.pdf>

MINISTERIO de transportes y comunicaciones (Perú). Manual de ensayo de materiales [en línea]. [Fecha de consulta: 01 de octubre del 2020]. Disponible en <https://n9.cl/apl74>

MINISTERIO de transporte y comunicaciones. Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos [en línea]. [Fecha de consulta: 28 de setiembre del 2020].

Disponible en:

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/manuales.html

MORCOTE, C. Evaluación del desempeño mecánico de mezclas asfálticas con escorias de acero [en línea]. Tesis titulada. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 2019. [Fecha de consulta: 7 de octubre del 2020]. Disponible en: <http://bdigital.unal.edu.co/72909/1/1049624872.2019.pdf>

NIKOLAIDES, A. *Highway Engineering* [en línea]. Londres: Taylor y Francis Group, 2015. [Fecha de consulta: 9 de octubre del 2020]. ISBN 978-1-4665-7997-2. Disponible en:
https://www.academia.edu/28614498/_Pavement_Highway_Engineering_Pavements_Materials_and_Control_of_Quality_CRC_Press_2014_

OCHOA, R., GRIMALDO, G., ORJUELA, M. y MUÑOZ, C. Analysis of use of granulated slag in asphalt mixtures manufacturing for pavements. *Revista Espacios* [en línea]. Vol. 39, N° 37. Mayo 2018. [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2020]. ISSN: 0798-1015. Disponible en: <http://es.revistaespacios.com/a18v39n37/a18v39n37p02.pdf>

PARADA, L. El mal estado de las carreteras es la principal causa de accidentes. *Sport* [en línea]. España, 16 de noviembre del 2018. [Fecha de Consulta: 7 de septiembre del 2020]. Disponible en: <https://www.sport.es/es/noticias/motor/trending/el-mal-estado-de-las-carreteras-es-la-principal-causa-de-accidentes-7146829>

POBLACIÓN del Perú totalizo 31 millones 237 mil 385 personas al 2017. Instituto Nacional de Estadística e Informática. 25 de junio del 2018. Disponible en: <https://www.inei.gob.pe/prensa/noticias/poblacion-del-peru-totalizo-31-millones-237-mil-385-personas-al-2017-10817/#:~:text=Lima%20tiene%20cerca%20de%209,Regi%C3%B3n%20Lima%20910%20mil%20431>

QUIPUSCO, F. y VILLEGAS, D. Efectos de sustituir agregado grueso convencional por siderúrgico en propiedades físico – mecánicas de mezclas asfálticas en caliente [en línea]. Tesis Titulada. Universidad Señor de Sipán, Lambayeque, 2019. [Fecha de consulta: 15 de setiembre del 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uss.edu.pe/handle/uss/5609>

REYES, F. y FIGUEROA, A. *Uso de desechos plásticos en mezclas asfálticas* [en línea]. Colombia: Editorial Pontificia Universidad Javeriana, 2008. [Fecha de consulta: 29 de setiembre del 2020]. ISBN: 978-958-716-136-6. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=JyvOW6kl7DAC&pg=PA6&dq=Uso+de+desechos+pl%C3%A1sticos+en+mezclas+asf%C3%A1lticas.+Bogot%C3%A1:+Pontificia+Universidad+Javeriana,+2008&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjdvfyO36vsAhWiHLkGHbyXDZUQ6AEwAHoEC>

AAQAg#v=onepage&q=Uso%20de%20desechos%20pl%C3%A1sticos%20en%20mezclas%20asf%C3%A1lticas.%20Bogot%C3%A1%3A%20Pontificia%20Universidad%20Javeriana%2C%202008&f=false

REZOLA, J. *Características y correcta aplicación de los diversos tipos de cemento* [en línea]. Barcelona: Editores técnicos asociados SA, 1976 [Fecha de consulta: 5 de octubre del 2020]. ISBN: 84-7146-085-8. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=xZ-YPYEkp2AC&pg=RA1-PA6&dq=ESCORIA+SIDERURGICA&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjQ3rHR46rsAhUCH7kGHYm1DBcQ6AEwAHoECAQQA#v=onepage&q=ESCORIA%20SIDERURGICA&f=false>

RODRIGUEZ, W. *Guía de investigación científica* [en línea]. Lima: Fondo Editorial UCH, 2011 [Fecha de Consulta: 30 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-612-4109-04-1. Disponible en: http://repositorio.uch.edu.pe/bitstream/handle/uch/23/rodriguez_arainaga_walabonso_guia%20_investigacion_cientifica.pdf?sequence=1&isAllowed=y

RONDON, H. y REYES, F. *Pavimentos Materiales, construcción y diseño* [en línea]. Colombia: Eco ediciones, 2015. [Fecha de consulta: 1 de octubre del 2020]. ISBN: 978-958-771-175-2. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=zuwcDgAAQBAJ&pg=PA1908&dq=escoria+de+acero+para+pavimentos&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjgiYidxqHsAhWkHLkGHTiRBzgQ6AEwAHoECA YQA#v=onepage&q=escoria%20de%20acero%20para%20pavimentos&f=false>

SANCHEZ, H. Estado del arte sobre las Escorias Negras de Horno de Arco Eléctrico y su aplicación en pavimentos. *Revista L'esprit Ingeniux* [en línea]. 2016, enero-diciembre, 1. 63-72 [fecha de consulta 20 de mayo del 2021]. ISSN 2422-2445. Disponible en: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieux/article/view/1367>

SEGURA, A. Estudio del comportamiento físico y mecánico de mezclas asfálticas; con materiales reutilizables en la construcción como escoria de acero [en línea]. Tesis Titulada. Universidad Católica de Colombia, Bogotá, 2016. [Fecha de consulta: 6 de octubre del 2020]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15079/1/DOCUMENTO%20FINAL.pdf>

SUPINO, P. y BORER, J. *Principles of Research Methodology: A Guide for Clinical Investigators* [en línea]. Estados Unidos: Springer, 2012. [Fecha de consulta: 11 de noviembre de 2020]. ISBN: 9781461433590. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=Qqf_2YsOtKsC&printsec=copyright&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

XXI CONGRESO nacional de ingeniería mecánica [en línea] por María Parrón [et al]. Elche: Editorial de la Universidad Miguel Hernández de Elche, 2016 [Fecha de Consulta: 29 de septiembre del 2020]. ISBN: 978-84-16024-37-7. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=ZqZ0DQAAQBAJ&pg=PA1612&dq=escoria+de+acero&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwjis6OQs6HsAhWdlbkGHcXTAFIQ6AEwAXoECA MQAg#v=onepage&q=escoria%20de%20acero&f=false>

ZHAO, M., WU, S., CHEN, Z. y LI, C. Function evaluation of asphalt mixture with industrially produced BOF slag aggregate. *Journal of Applied Biomaterials & Functional Materials* [en línea]. 2016, Vol. 7, (10). 8 – 10. [fecha de consulta: 12 de setiembre del 2020]. ISSN: 2280-8000. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27311428/>

ZUMRAWI, M. y KHALILL, F. Experimental Study of Steel Slag Used As Aggregate in Asphalt Mixture. *International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering* [en línea]. 2015, Vol. 9, (6). 753 – 758. [Fecha de consulta: 12 de septiembre del 2020]. DOI: doi.org/10.5281/zenodo.1108432. Disponible en:

<https://publications.waset.org/10002247/experimental-study-of-steel-slag-used-as-aggregate-in-asphalt-mixture>

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia y operacionalización de variables

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO: Adición de escoria siderúrgica como agregado en mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE E INDICADORES			TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN
General	General	General	VARIABLE 1: Escoria Siderúrgica			DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: EXPERIMENTAL
¿Cuál es la mejora que establece la adición de escoria siderúrgica como agregado en mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020?	Precisar la mejora que proporciona la adición de escoria siderúrgica como agregado en mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020.	La adición de escoria siderúrgica como agregado mejora las propiedades de las mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020.	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
			Tamaño (mm)	0 – 20 mm	Ensayo granulométrico	
			Porcentaje (%)	3 – 6 – 9 - 12	Ensayo granulométrico	
Específicos	Específicos	Específicos	VARIABLE 2: Mezcla Asfáltica			
¿Cuál es la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en la estabilidad de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020?	Determinar la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en la estabilidad de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020.	La adición de escoria siderúrgica como agregado mejora la estabilidad en las mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020.	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	
			Estabilidad (KN)	Ensayo Marshall	MTC E 504 / ASTM D1559	
¿Cuál es la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en el flujo de mezclas asfálticas en caliente para	Determinar la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en el flujo de mezclas asfálticas en caliente para	La adición de escoria siderúrgica como agregado mejora el flujo en las mezclas asfálticas en caliente para pavimentos	Flujo (mm)	Ensayo Marshall	MTC E 504 / ASTM D1559	

pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020?	pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020.	flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020.				DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: EXPERIMENTAL
¿Cuál es la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en el VA de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020?	Determinar la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en el VA de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020.	La adición de escoria siderúrgica como agregado mejora los VA en las mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020.	Vacíos de aire (VA) (%)	Ensayo Marshall	MTC E 504 - 505/ ASTM D1559	
¿Cuál es la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en el VMA de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020?	Determinar la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en el VMA de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020.	La adición de escoria siderúrgica como agregado mejora los VMA en las mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020.	Vacíos en el agregado mineral (VMA) (%)	Ensayo Marshall	MTC E 504 - 505/ ASTM D1559	
¿Cuál es la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en el VFA de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020?	Determinar la influencia de la adición de escoria siderúrgica como agregado en el VFA de mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020.	La adición de escoria siderúrgica como agregado mejora los VFA en las mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020.	Vacíos llenos de asfalto (VFA)	Ensayo Marshall	MTC E 504 - 505/ ASTM D1559	

MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Adición de escoria siderúrgica como agregado en mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo - Puente Piedra 2020

Variables de Estudio	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
Escoria Siderúrgica	La escoria siderúrgica es el material obtenido después del enfriamiento brusco que sufre los residuos de acero en los altos hornos. (Rezola, 1976, p. 45).	Será medido su adición en las mezclas asfálticas de dos maneras, primero por su tamaño y segundo por su porcentaje presente en las mezclas asfálticas en caliente.	Tamaño (mm)	0 - 20 mm	Intervalo
			Porcentaje (%)	3 – 6 – 9 – 12	
Mezcla Asfáltica	Las mezclas asfálticas habitualmente usadas presentan una gran sensibilidad ante las deformaciones, ahuellamientos, deterioros, ante grandes cargas cíclicas impuestas sobre su superficie. (Reyes y Figuero, 2008, p. 84).	Se mediran en las mezclas asfálticas, con adición de escoria siderúrgica, las propiedades físicas y mecánicas de las mismas; cuyas dimensiones a medir estan basadas en trabajos previos realizados.	Estabilidad (KN)	Ensayo Marshall	Razón
			Flujo (mm)	Ensayo Marshall	
			Vacíos en el agregado mineral (VMA) (%)	Ensayo Marshall	
			Vacíos de aire (VA) (%)	Ensayo Marshall	
			Vacíos llenos de asfalto (VFA) (%)	Ensayo Marshall	

Anexo 2: Instrumento de recolección de datos

ENSAYO MARSHALL AASHTO T-245, ASTM D-1559			CURVA GRANULOMETRICA		
Proporción de los Aridos		(% PESO SECO)			
Piedra Triturada					
Arena Zarandeada					
Filler					
Escoria Siderurgica					
Proporción de los Materiales		UND			
Peso Especifico del Cemento Asfáltico		gr/cc			
Peso Especifico Nominal (Bulk) de la piedra triturada		gr/cc			
Peso Especifico Aparante de la piedra triturada		gr/cc			
Peso Especifico Nominal (Bulk) de la arena zarandeada		gr/cc			
Peso Especifico Aparante de la arena zarandeada		gr/cc			
Peso Especifico del filler (Cal, Cemento, Polvo Roca)		gr/cc			
Tamaño de Escoria Siderurgica		mm			
Descripción	UND	M-1	Descripción	UND	M-2
PROPORCIÓN DE LOS MATERIALES			PROPORCIÓN DE LOS MATERIALES		
% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%		% de cemento asfáltico en peso de la mezcla	%	
% de piedra triturada en peso de la mezcla	%		% de piedra triturada en peso de la mezcla	%	
% de arena zarandeada en peso de la mezcla	%		% de arena zarandeada en peso de la mezcla	%	
% de filler en peso de la mezcla	%		% de filler en peso de la mezcla	%	
% de escoria siderúrgica	%		% de escoria siderúrgica	%	
ENSAYOS			ENSAYOS		
Peso de la briqueta al aire (WD)	gr		Peso de la briqueta al aire (WD)	gr	
Peso de la briqueta superficialmente (WSSD)	gr		Peso de la briqueta superficialmente (WSSD)	gr	
Peso de la briqueta sumergida (WSUB)	gr		Peso de la briqueta sumergida (WSUB)	gr	
Volumen de la briqueta	cc		Volumen de la briqueta	cc	
Gravedad especifica BULK de la briqueta	gr/cc		Gravedad especifica BULK de la briqueta	gr/cc	
Gravedad especifica Teoria Máxima RICE	gr/cc		Gravedad especifica Teoria Máxima RICE	gr/cc	
% de vacios del total de la mezcla (VTM)	%		% de vacios del total de la mezcla (VTM)	%	
Densidad	gr/cc		Densidad	gr/cc	
Gravedad Especifica BULK de la combinación de agregados	gr/cc		Gravedad Especifica BULK de la combinación de agregados	gr/cc	
Gravedad Especifica aparente de combinación de agregados	gr/cc		Gravedad Especifica aparente de combinación de agregados	gr/cc	
% vacios del agregado mineral (VMA)	%		% vacios del agregado mineral (VMA)	%	
% vacios llenos con asfalto (VFA)	%		% vacios llenos con asfalto (VFA)	%	
Prueba gravedad especifica Rice			Prueba gravedad especifica Rice		
Prueba vacios del agregado mineral VMA			Prueba vacios del agregado mineral VMA		
Estabilidad Marshall	KN		Estabilidad Marshall	KN	
Flujo	mm		Flujo	mm	
FIRMA Y SELLO DE VALIDACIÓN DE EXPERTOS					
 ALEJANDRO VEGA <small>Ingeniero Civil CIP N° 24856</small>		 LEYDI JANE RIOS CARRION <small>Ingeniera Civil CIP N° 24867</small>		 ALEJANDRO VEGA <small>Ingeniero Civil Reg. CIP N° 24856</small>	

Anexo 3: Declaratorio de originalidad de los autores



Declaratoria de Originalidad del Autores

Nosotros, Arias Bautista Angel Javier y López Polo Danny Anthony, egresados de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan a la Tesis titulada: “Adición de escoria siderúrgica como agregado en mezclas asfálticas en caliente para pavimentos flexibles, Av. Paucartambo – Puente Piedra 2020”, es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:


1. No ha sido plagiado 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 publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Puente Piedra, 13 de julio del 2021

Apellidos y Nombres del Autor Arias Bautista, Angel Javier	
DNI: 71307681	Firma 
ORCID: 0000-0001-6761-4515	
Apellidos y Nombres del Autor López Polo Danny Anthony	
DNI: 46397089	Firma 
ORCID: 0000-0003-2435-1529	

Anexo 4: Porcentaje de plagio en el Turnitin



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**Adición de escoria siderúrgica como agregado en mezclas
asfálticas en caliente para pavimentos flexibles. Av. Paucartambo
- Puente Piedra 2020**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:
Anas Bautista, Angel Javier
<https://orcid.org/0000-0001-6761-4516>
López Polo, Danny Anthony
<https://orcid.org/0000-0003-2436-1528>

ASESOR:
Mg. Ing. Benites Zuriga, José Luis
<https://orcid.org/0000-0003-4459-494X>

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ
2021

Match Overview

19%

[view English sources \(beta\)](#)

Matches

1	repositorio.ucv.edu.pe Internet Source	6%
2	repositorio.uss.edu.pe Internet Source	2%
3	www.scielo.org.co Internet Source	1%
4	Submitted to Universid... Student Paper	1%
5	repositorio.upao.edu.pe Internet Source	1%
6	www.repositorio.usac... Internet Source	<1%
7	Submitted to Universid... Student Paper	<1%

Anexo 5: Factura pago de ensayos de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA UNI
 Oficina Central de Economía y Finanzas
UNIDAD DE TESORERÍA
 DOMICILIO FISCAL:
 Av Túpac Amaru N° 210 - Rimac - Lima - Lima
 TELF: 482-5072

R.U.C.: 20169004359
FACTURA ELECTRÓNICA
N° F004 - 00050016

RAZÓN SOCIAL : JJA PROYECTOS S.A.C.	FECHA EMISIÓN : 2021-06-15
R.U.C. : 20600506995	TIPO MONEDA : SOLES
DIRECCIÓN : MZA. C.LOTE. 7 A.V. VILLA ROSARIO CHACLACAYO LIMA - LIMA - CHACLACAYO	COND. PAGO : CONTADO
DEPENDENCIA : FIC LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	FECHA VENC. :
PROYECTO : SS. LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	MEDIO PAGO : Depósito

ITEM	CANT.	PARTIDA	DESCRIPCIÓN	UNDA MEDIDA	PRECIO UNITARIO	VALOR UNITARIO	VALOR DE VENTA
1	1.00	13392302	ANALISIS LABORATORIO - FACULTAD	LN	6,000.01	5,084.75	5,084.75

OP. GRAVADAS	OP. INAFECTAS	OP. EXONERADAS	ANTICIPOS	I.G.V. 18%	TOTAL A PAGAR
5,084.75	0.00	0.00	0.00	915.25	6,000.00

SON: SEIS MIL CON 00/100 SOLES

Incorporado al Régimen de Agentes de Retención de IGV (R.S. 135-2002) a partir del 01/11/2002

NOTA: EN CASO SI NO PAGA LA DETRACCION EN 7 DIAS, SE PROCEDE A LA ANULACION

	Cuenta de Detracción	Porcentaje de Detracción (12 %)
Banco de la Nación	0000513401	720.00



INFORMACIÓN ADICIONAL
 ADICION DE ESCORIA SIDERURGICA COMO AGREGADO EN MEZCLAS ASFALTICAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTOS FLEXIBLES, AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PEDRA 2020. AUTORES:ARIAS BALTIMA, ANGEL JAVIER/ LOPEZ POLO DANNY ANTHONY

Representación impresa de la Factura Electrónica
 Podrá ser consultado en <http://www.coot.uni.edu.pe/webComprobantes>
 Autorizado mediante Resolución de Intendencia N° 0320050000852/SUNAT

Anexo 6: Pago de detracción de la factura

BANCO DE LA NACION

DEPOSITO DE DETRACCIONES EN EFECTIVO
CONSTANCIA DE DEPOSITO D.LEG.940

N° : 182162501411983
FECHA : 25JUN2021
CUENTA CTE. : 00-000-513431
MONTO : S/ *****720.00
BIEN/SERVICIO : 037 - DEMAS SERVICIOS GRAVADOS CON EL
IGU

OPERACION : 01 - VENTA DE BIENES O PRESTACIO
COMPROBANTE : FACTURA
NRO. COMPROBANTE: F004-00050016
PERIODO TRIB. : 202106
RUC/ADQ. : 20600506995
JJA PROYECTOS S.A.C.
RUC/PROVEEDOR : 20169004359
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENI

0411983 0800 0026 HORA : 092513

275200037

PROVEEDOR

Anexo 7: Factura pago de cemento asfaltico 60/70 y agregados pétreos

AM ASFA S.A.C.

Compras y Ventas de
Asfalto en Caliente
Impregnación y Colocación de Carpetas
Asfálticas en Caliente
Asfalto Per 60/70
Asfalto Per 80/100
Asfalto Super 60, 200 y 400 30
Perforador y Asfalto y Mielas

R.U.C.: 20601815070
FACTURA
0001- N° 000172

Fecha de Emisión: 31 de MAYO del 2021
Señores: JIA PROYECTOS SAC
Dirección: CHACACAYO - LIMA

R.U.C. N° 20600506995
Guía de Remisión N°

CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNIT.	IMPORTE
3	Galones de cemento asfalto PEN 60/70	30.00	90.00
Cemento PES nuevos lotes con 20/00 cámbios			SUB-TOTAL 90.00
CANCELADO			I.G.V. % 16.20
Fecha 31 de MAYO del 2021			TOTAL 106.20

USUARIO

ALFA CORPORACION NEBRASCA S.A.C.

AV. DR. MARTIN PORRAS N° 772 URB. STA. CLARA LIMA LIMA-ATE
Tel: 584 8627 Cel: 9993 00289

R.U.C. 20657770001
FACTURA ELECTRONICA
F001 7968
Fecha emisa: 31/05/2021
Cond: CONTADO

Señores: JIA PROYECTOS S.A.C.
Dirección: CHACACAYO LIMA

Cantidad Present.	Código	DESCRIPCIÓN	Precio	Total
2	BLS 001960	ARENA GRUESA X BOLSA	4.50	9.00
2	UND 009930	PIEDRA CHANCADA X BOLSA	4.50	9.00
Sort DIECIOCHO con 00/100 Sorel			Operaciones Gravadas	15.25
Representación impresa de la Factura Electrónica mediante Resolución SUNAT Anexo IV - RR 155-2017			Sub-Total	15.25
yafina			I.G.V. 18.0	2.75
			ICP/BER	0.00
			Importe Total	18.00


Anexo 8: Recojo de escoria siderúrgica planta Aceros Arequipa – Pisco y proceso de tamizado.



Anexo 9: Agregado siderúrgico, agregados pétreos y cemento asfáltico



Anexo 10: Certificados de calibración de equipos e instrumentos de laboratorio.



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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 558 - 2020

Página : 1 de 8

Expediente : 595-2020
Fecha de Emisión : 2021-01-04

1. Solicitante : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Dirección : AV. TUPAC AMARU NRO. 210 - RIMAC - LIMA

2. Descripción del Equipo : ANILLO DE CARGA DE EQUIPO MARSHALL

Marca de Prensa : ELE INTERNATIONAL
Modelo de Prensa : 48-882098
Serie de Prensa : H038701
Código de identificación : MS-1

Marca de Anillo : ELE INTERNATIONAL
Modelo de Anillo : NO INDICA
Serie de Anillo : 0234
Capacidad del Anillo : 28 kN
Código de identificación : AC-8

Marca del Dial : ELE
Modelo del Dial : 88-4000
Serie del Dial : 321504714
Procedencia : USA
Código de identificación : DF-18

3. Lugar y fecha de Calibración
AV. TUPAC AMARU NRO. 210 - RIMAC - LIMA
30 - DICIEMBRE - 2020

4. Método de Calibración
La calibración se realizó por el método de comparación del dial del anillo y la lectura de celda patrón.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	MAVIN	CCP-0340-005-20	EUCROM
INDICADOR	MCC		

6. Condiciones Ambientales


	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	24,3	24,4
Humedad %	83	84


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

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

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




 Ing. Lora Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Tel. 292-5108 690-5820
 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.

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 558 - 2020

Página 2 de 6

TABLA N° 1

SISTEMA ANALÓGICO "A" DIVISIONES	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)			PROMEDIO "B" kgf
	SERIE 1	SERIE 2	SERIE 3	
100	349,90	349,05	349,30	349,38
200	665,10	665,30	664,65	665,02
300	1 002,57	1 003,20	1 003,50	1 003,09
400	1 345,65	1 345,70	1 345,60	1 345,98
500	1 678,15	1 678,50	1 679,30	1 678,83
600	2 011,90	2 011,20	2 012,10	2 011,73
700	2 349,03	2 349,05	2 349,70	2 349,26

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

Coefficiente de Correlación: $R^2 = 0,9999$

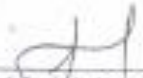
Ecuación de ajuste para valores en kgf: $y = 3,3459x + 4,9278$

Donde: x : Lectura del dial
y : Fuerza promedio (kgf)

Ecuación de ajuste para valores en lbf: $y = 7,3765x + 10,8625$

Donde: x : Lectura del dial
y : Fuerza promedio (lbf)




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



Punto de Precisión SAC

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

CARTA DE CALIBRACIÓN EN kgf

Página 3 de 8

Marca de Pesa	ELE INTERNATIONAL	Marca del Dial	ELE
Marca de Anillo	ELE INTERNATIONAL	Modelo del Dial	88-4000
Serie de Anillo	9204	Serie del Dial	021504714
Capacidad del Anillo	20 kg	Código de Identificación	CP-15

$$y = 3,3450x + 4,9276$$

Divisiones del Dial	Valores Ajustados en kgf									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	339,52	342,80	346,21	349,58	352,90	356,26	359,59	362,94	366,28	369,63
110	372,98	376,32	379,67	383,01	386,36	389,71	393,05	396,40	399,74	403,09
120	406,44	409,78	413,13	416,47	419,82	423,17	426,51	429,86	433,20	436,55
130	439,89	443,24	446,59	449,93	453,28	456,62	459,97	463,32	466,66	470,01
140	473,35	476,70	480,05	483,39	486,74	490,08	493,43	496,77	500,12	503,47
150	506,81	510,16	513,50	516,85	520,20	523,54	526,89	530,23	533,58	536,93
160	540,27	543,62	546,96	550,31	553,66	557,00	560,35	563,69	567,04	570,38
170	573,73	577,08	580,42	583,77	587,11	590,46	593,81	597,15	600,50	603,84
180	607,19	610,54	613,88	617,23	620,57	623,92	627,27	630,61	633,96	637,30
190	640,65	643,99	647,34	650,69	654,03	657,38	660,72	664,07	667,42	670,76
200	674,11	677,45	680,80	684,15	687,49	690,84	694,18	697,53	700,87	704,22
210	707,57	710,91	714,26	717,60	720,95	724,30	727,64	730,99	734,33	737,68
220	741,03	744,37	747,72	751,06	754,41	757,75	761,10	764,45	767,79	771,14
230	774,48	777,83	781,18	784,52	787,87	791,21	794,56	797,91	801,25	804,60
240	807,94	811,29	814,64	817,98	821,33	824,67	828,02	831,36	834,71	838,06
250	841,40	844,75	848,09	851,44	854,79	858,13	861,48	864,82	868,17	871,52
260	874,86	878,21	881,55	884,90	888,25	891,59	894,94	898,28	901,63	904,97
270	908,32	911,67	915,01	918,36	921,70	925,05	928,40	931,74	935,09	938,43
280	941,78	945,13	948,47	951,82	955,16	958,51	961,86	965,20	968,55	971,89
290	975,24	978,58	981,93	985,28	988,62	991,97	995,31	998,66	1 002,01	1 005,36
300	1 008,70	1 012,04	1 015,39	1 018,74	1 022,08	1 025,43	1 028,77	1 032,12	1 035,46	1 038,81
310	1 042,16	1 045,50	1 048,85	1 052,19	1 055,54	1 058,89	1 062,23	1 065,58	1 068,92	1 072,27
320	1 075,62	1 078,96	1 082,31	1 085,65	1 089,00	1 092,35	1 095,69	1 099,04	1 102,38	1 105,73
330	1 109,07	1 112,42	1 115,77	1 119,11	1 122,46	1 125,80	1 129,15	1 132,50	1 135,84	1 139,19
340	1 142,53	1 145,88	1 149,23	1 152,57	1 155,92	1 159,26	1 162,61	1 165,95	1 169,30	1 172,65
350	1 175,99	1 179,34	1 182,68	1 186,03	1 189,38	1 192,72	1 196,07	1 199,41	1 202,76	1 206,11
360	1 209,45	1 212,80	1 216,14	1 219,49	1 222,84	1 226,18	1 229,53	1 232,87	1 236,22	1 239,56
370	1 242,91	1 246,26	1 249,60	1 252,95	1 256,29	1 259,64	1 262,99	1 266,33	1 269,68	1 273,02
380	1 276,37	1 279,72	1 283,06	1 286,41	1 289,75	1 293,10	1 296,45	1 299,79	1 303,14	1 306,48
390	1 308,83	1 312,17	1 315,52	1 318,87	1 322,21	1 325,56	1 328,90	1 332,25	1 335,59	1 338,94
400	1 342,29	1 345,63	1 348,98	1 352,33	1 355,67	1 359,02	1 362,36	1 365,71	1 369,05	1 372,40
410	1 375,75	1 379,09	1 382,44	1 385,78	1 389,13	1 392,48	1 395,82	1 400,17	1 403,51	1 406,86
420	1 410,21	1 413,56	1 416,90	1 420,24	1 423,59	1 426,94	1 430,28	1 433,63	1 436,97	1 440,32
430	1 443,68	1 447,01	1 450,36	1 453,70	1 457,05	1 460,39	1 463,74	1 467,08	1 470,43	1 473,78
440	1 477,12	1 480,47	1 483,82	1 487,16	1 490,51	1 493,85	1 497,20	1 500,54	1 503,89	1 507,24
450	1 510,58	1 513,93	1 517,27	1 520,62	1 523,97	1 527,31	1 530,66	1 534,00	1 537,35	1 540,70
460	1 544,04	1 547,39	1 550,73	1 554,08	1 557,43	1 560,77	1 564,12	1 567,46	1 570,81	1 574,15
470	1 577,50	1 580,85	1 584,19	1 587,54	1 590,88	1 594,23	1 597,58	1 600,92	1 604,27	1 607,61
480	1 610,96	1 614,31	1 617,65	1 621,00	1 624,34	1 627,69	1 631,04	1 634,38	1 637,73	1 641,07
490	1 644,42	1 647,76	1 651,11	1 654,46	1 657,80	1 661,15	1 664,49	1 667,84	1 671,19	1 674,53
500	1 677,88	1 681,23	1 684,57	1 687,92	1 691,26	1 694,61	1 697,95	1 701,30	1 704,64	1 707,99
510	1 711,34	1 714,68	1 718,03	1 721,37	1 724,72	1 728,07	1 731,41	1 734,76	1 738,10	1 741,45



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

Ax. Los Angeles 653 - LIMA 42 Tel: 292-5108 699-9620

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

Página 4 de 6

Punto de Precisión SAC

Divisiones del Dia	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
520	1 744,80	1 745,14	1 751,49	1 754,83	1 758,18	1 761,53	1 764,87	1 768,22	1 771,56	1 774,91
530	1 778,25	1 781,00	1 784,95	1 788,29	1 791,64	1 794,98	1 798,33	1 801,68	1 805,02	1 808,37
540	1 811,71	1 815,06	1 818,41	1 821,75	1 825,10	1 828,44	1 831,79	1 835,13	1 838,48	1 841,83
550	1 845,17	1 848,52	1 851,86	1 855,21	1 858,56	1 861,90	1 865,25	1 868,59	1 871,94	1 875,29
560	1 878,63	1 881,98	1 885,32	1 888,67	1 892,02	1 895,36	1 898,71	1 902,05	1 905,40	1 908,74
570	1 912,09	1 915,44	1 918,78	1 922,13	1 925,47	1 928,82	1 932,17	1 935,51	1 938,86	1 942,20
580	1 945,55	1 948,90	1 952,24	1 955,59	1 958,93	1 962,28	1 965,63	1 968,97	1 972,32	1 975,66
590	1 979,01	1 982,35	1 985,70	1 989,05	1 992,39	1 995,74	1 999,08	2 002,43	2 005,78	2 009,12
600	2 012,47	2 015,81	2 019,16	2 022,51	2 025,85	2 029,20	2 032,54	2 035,89	2 039,23	2 042,58
610	2 045,93	2 049,27	2 052,62	2 055,96	2 059,31	2 062,66	2 066,00	2 069,35	2 072,69	2 076,04
620	2 079,39	2 082,73	2 086,08	2 089,42	2 092,77	2 096,12	2 099,46	2 102,81	2 106,15	2 109,50
630	2 112,84	2 116,19	2 119,54	2 122,88	2 126,23	2 129,57	2 132,92	2 136,27	2 139,61	2 142,96
640	2 146,30	2 149,65	2 153,00	2 156,34	2 159,69	2 163,03	2 166,38	2 169,72	2 173,07	2 176,42
650	2 179,77	2 183,11	2 186,46	2 189,80	2 193,15	2 196,49	2 199,84	2 203,18	2 206,53	2 209,88
660	2 213,22	2 216,57	2 219,91	2 223,26	2 226,61	2 229,95	2 233,30	2 236,64	2 239,99	2 243,33
670	2 246,88	2 250,03	2 253,37	2 256,72	2 260,06	2 263,41	2 266,76	2 270,10	2 273,45	2 276,79
680	2 280,14	2 283,49	2 286,83	2 290,18	2 293,53	2 296,87	2 300,22	2 303,56	2 306,91	2 310,25
690	2 313,60	2 316,94	2 320,29	2 323,64	2 326,98	2 330,33	2 333,67	2 337,02	2 340,37	2 343,71
700	2 347,06	2 350,40	2 353,75	2 357,10	2 360,44	2 363,79	2 367,13	2 370,48	2 373,82	2 377,17
710	2 380,52	2 383,86	2 387,21	2 390,55	2 393,90	2 397,25	2 400,59	2 403,94	2 407,28	2 410,63
720	2 413,98	2 417,32	2 420,67	2 424,01	2 427,36	2 430,71	2 434,05	2 437,40	2 440,74	2 444,09
730	2 447,43	2 450,78	2 454,13	2 457,47	2 460,82	2 464,16	2 467,51	2 470,85	2 474,20	2 477,55
740	2 480,89	2 484,24	2 487,58	2 490,93	2 494,28	2 497,62	2 500,97	2 504,31	2 507,66	2 511,01
750	2 514,35	2 517,70	2 521,04	2 524,39	2 527,74	2 531,08	2 534,43	2 537,77	2 541,12	2 544,47
760	2 547,81	2 551,16	2 554,50	2 557,85	2 561,20	2 564,54	2 567,89	2 571,23	2 574,58	2 577,93
770	2 581,27	2 584,62	2 587,96	2 591,31	2 594,65	2 598,00	2 601,35	2 604,69	2 608,04	2 611,38
780	2 614,73	2 618,08	2 621,42	2 624,77	2 628,11	2 631,46	2 634,81	2 638,15	2 641,50	2 644,84
790	2 648,19	2 651,53	2 654,88	2 658,23	2 661,57	2 664,92	2 668,26	2 671,61	2 674,96	2 678,30
800	2 681,85	2 684,99	2 688,34	2 691,69	2 695,03	2 698,38	2 701,72	2 705,07	2 708,41	2 711,76
810	2 715,11	2 718,45	2 721,80	2 725,14	2 728,49	2 731,84	2 735,18	2 738,53	2 741,87	2 745,22
820	2 748,57	2 751,91	2 755,26	2 758,60	2 761,95	2 765,30	2 768,64	2 771,99	2 775,33	2 778,68
830	2 782,02	2 785,37	2 788,72	2 792,06	2 795,41	2 798,75	2 802,10	2 805,45	2 808,79	2 812,14
840	2 815,48	2 818,83	2 822,18	2 825,52	2 828,87	2 832,21	2 835,56	2 838,90	2 842,25	2 845,60
850	2 848,94	2 852,29								




Jefe de Laboratorio
Ing. LUIS Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152531



Punto de Precisión SAC

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

CARTA DE CALIBRACIÓN EN In/

Página 5 de 8

Marca de Proximidad	ELE INTERNACIONAL	Marca del Dial	ELE
Marca de Anillo	ELE INTERNACIONAL	Modelo del Dial	66-4000
Serie de Anillo	0234	Serie del Dial	001504714
Capacidad del Anillo	28 In/	Código de Identificación	CF-15

$$y = 7,3765x + 10,8535$$

Divisiones del Dial	Valores Ajustados en In/									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
100	748,51	755,89	763,27	770,64	778,02	785,40	792,77	800,15	807,53	814,90
110	822,28	829,66	837,03	844,41	851,78	859,16	866,54	873,91	881,29	888,67
120	896,04	903,42	910,80	918,17	925,55	932,93	940,30	947,68	955,06	962,43
130	969,81	977,19	984,56	991,94	999,31	1 006,69	1 014,07	1 021,44	1 028,82	1 036,20
140	1 043,57	1 050,95	1 058,33	1 065,70	1 073,08	1 080,46	1 087,83	1 095,21	1 102,59	1 109,96
150	1 117,34	1 124,72	1 132,09	1 139,47	1 146,84	1 154,22	1 161,60	1 168,97	1 176,35	1 183,73
160	1 191,10	1 198,48	1 205,86	1 213,23	1 220,61	1 227,99	1 235,36	1 242,74	1 250,12	1 257,49
170	1 264,87	1 272,25	1 279,62	1 287,00	1 294,37	1 301,75	1 309,13	1 316,50	1 323,88	1 331,26
180	1 338,63	1 346,01	1 353,39	1 360,76	1 368,14	1 375,52	1 382,89	1 390,27	1 397,65	1 405,02
190	1 412,40	1 419,78	1 427,15	1 434,53	1 441,90	1 449,28	1 456,66	1 464,03	1 471,41	1 478,79
200	1 486,16	1 493,54	1 500,92	1 508,29	1 515,67	1 523,05	1 530,42	1 537,80	1 545,18	1 552,55
210	1 559,93	1 567,31	1 574,68	1 582,06	1 589,43	1 596,81	1 604,19	1 611,56	1 618,94	1 626,32
220	1 633,69	1 641,07	1 648,45	1 655,82	1 663,20	1 670,58	1 677,95	1 685,33	1 692,71	1 700,08
230	1 707,46	1 714,84	1 722,21	1 729,59	1 736,96	1 744,34	1 751,72	1 759,09	1 766,47	1 773,85
240	1 781,22	1 788,60	1 795,98	1 803,35	1 810,73	1 818,11	1 825,48	1 832,86	1 840,24	1 847,61
250	1 854,99	1 862,37	1 869,74	1 877,12	1 884,49	1 891,87	1 899,25	1 906,62	1 914,00	1 921,38
260	1 928,75	1 936,13	1 943,51	1 950,88	1 958,26	1 965,64	1 973,01	1 980,39	1 987,77	1 995,14
270	2 002,52	2 009,90	2 017,27	2 024,65	2 032,02	2 039,40	2 046,78	2 054,15	2 061,53	2 068,91
280	2 076,28	2 083,66	2 091,04	2 098,41	2 105,79	2 113,17	2 120,54	2 127,92	2 135,30	2 142,67
290	2 150,05	2 157,43	2 164,80	2 172,18	2 179,55	2 186,93	2 194,31	2 201,68	2 209,06	2 216,44
300	2 223,81	2 231,19	2 238,57	2 245,94	2 253,32	2 260,70	2 268,07	2 275,45	2 282,83	2 290,20
310	2 297,58	2 304,96	2 312,33	2 319,71	2 327,08	2 334,46	2 341,84	2 349,21	2 356,59	2 363,97
320	2 371,34	2 378,72	2 386,10	2 393,47	2 400,85	2 408,23	2 415,60	2 422,98	2 430,36	2 437,73
330	2 445,11	2 452,49	2 459,86	2 467,24	2 474,61	2 481,99	2 489,37	2 496,74	2 504,12	2 511,50
340	2 518,87	2 526,25	2 533,63	2 541,00	2 548,38	2 555,76	2 563,13	2 570,51	2 577,89	2 585,26
350	2 592,84	2 600,22	2 607,59	2 614,97	2 622,34	2 629,72	2 636,90	2 644,27	2 651,65	2 659,03
360	2 666,40	2 673,78	2 681,16	2 688,53	2 695,91	2 703,29	2 710,66	2 718,04	2 725,42	2 732,79
370	2 740,17	2 747,55	2 754,92	2 762,30	2 769,67	2 777,05	2 784,43	2 791,80	2 799,18	2 806,56
380	2 813,93	2 821,31	2 828,69	2 836,06	2 843,44	2 850,82	2 858,19	2 865,57	2 872,95	2 880,32
390	2 897,70	2 895,08	2 902,45	2 909,83	2 917,20	2 924,58	2 931,96	2 939,33	2 946,71	2 954,09
400	2 961,46	2 968,84	2 976,22	2 983,59	2 990,97	2 998,35	3 005,72	3 013,10	3 020,48	3 027,85
410	3 035,23	3 042,61	3 049,98	3 057,36	3 064,73	3 072,11	3 079,49	3 086,86	3 094,24	3 101,62
420	3 108,99	3 116,37	3 123,75	3 131,12	3 138,50	3 145,88	3 153,25	3 160,63	3 168,01	3 175,39
430	3 182,76	3 190,14	3 197,51	3 204,89	3 212,26	3 219,64	3 227,02	3 234,39	3 241,77	3 249,15
440	3 256,52	3 263,90	3 271,28	3 278,65	3 286,03	3 293,41	3 300,78	3 308,16	3 315,54	3 322,91
450	3 330,29	3 337,67	3 345,04	3 352,42	3 359,79	3 367,17	3 374,55	3 381,92	3 389,30	3 396,68
460	3 404,05	3 411,43	3 418,81	3 426,18	3 433,56	3 440,94	3 448,31	3 455,69	3 463,07	3 470,44
470	3 477,82	3 485,20	3 492,57	3 499,95	3 507,32	3 514,70	3 522,08	3 529,45	3 536,83	3 544,21
480	3 551,58	3 558,96	3 566,34	3 573,71	3 581,09	3 588,47	3 595,84	3 603,22	3 610,60	3 617,97
490	3 625,35	3 632,73	3 640,10	3 647,48	3 654,85	3 662,23	3 669,61	3 676,98	3 684,36	3 691,74
500	3 699,11	3 706,49	3 713,87	3 721,24	3 728,62	3 736,00	3 743,37	3 750,75	3 758,13	3 765,50
510	3 772,88	3 780,26	3 787,63	3 795,01	3 802,38	3 809,76	3 817,14	3 824,51	3 831,89	3 839,27




 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luz Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152031

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 - Tel: 292-5100 699-9620

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

Página 5 de 8

Punto de Precisión SAC

Divisiones del Dial	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
520	3 846,64	3 854,02	3 861,40	3 868,77	3 876,15	3 883,53	3 890,90	3 898,28	3 905,66	3 913,03
530	3 920,41	3 927,79	3 935,16	3 942,54	3 949,91	3 957,29	3 964,67	3 972,04	3 979,42	3 986,80
540	3 994,17	4 001,55	4 008,93	4 016,30	4 023,68	4 031,06	4 038,43	4 045,81	4 053,19	4 060,56
550	4 067,94	4 075,32	4 082,69	4 090,07	4 097,44	4 104,82	4 112,20	4 119,57	4 126,95	4 134,33
560	4 141,70	4 149,08	4 156,46	4 163,83	4 171,21	4 178,59	4 185,96	4 193,34	4 200,72	4 208,09
570	4 215,47	4 222,85	4 230,22	4 237,60	4 244,97	4 252,35	4 259,73	4 267,10	4 274,48	4 281,86
580	4 289,23	4 296,61	4 303,99	4 311,36	4 318,74	4 326,12	4 333,49	4 340,87	4 348,25	4 355,62
590	4 363,00	4 370,38	4 377,75	4 385,13	4 392,50	4 399,88	4 407,26	4 414,63	4 422,01	4 429,39
600	4 436,76	4 444,14	4 451,52	4 458,89	4 466,27	4 473,65	4 481,02	4 488,40	4 495,78	4 503,15
610	4 510,53	4 517,91	4 525,28	4 532,66	4 540,03	4 547,41	4 554,79	4 562,16	4 569,54	4 576,92
620	4 584,29	4 591,67	4 599,05	4 606,42	4 613,80	4 621,18	4 628,55	4 635,93	4 643,31	4 650,68
630	4 658,06	4 665,44	4 672,81	4 680,19	4 687,56	4 694,94	4 702,32	4 709,69	4 717,07	4 724,45
640	4 731,82	4 739,20	4 746,58	4 753,96	4 761,33	4 768,71	4 775,08	4 782,46	4 789,84	4 798,21
650	4 805,59	4 812,97	4 820,34	4 827,72	4 835,09	4 842,47	4 849,85	4 857,22	4 864,60	4 871,98
660	4 879,35	4 886,73	4 894,11	4 901,48	4 908,86	4 916,24	4 923,61	4 930,99	4 938,37	4 945,74
670	4 953,12	4 960,50	4 967,87	4 975,25	4 982,62	4 990,00	4 997,38	5 004,75	5 012,13	5 019,51
680	5 026,88	5 034,26	5 041,64	5 049,01	5 056,39	5 063,77	5 071,14	5 078,52	5 085,90	5 093,27
690	5 100,65	5 108,03	5 115,40	5 122,78	5 130,15	5 137,53	5 144,91	5 152,28	5 159,66	5 167,04
700	5 174,41	5 181,79	5 189,17	5 196,54	5 203,92	5 211,30	5 218,67	5 226,05	5 233,43	5 240,80
710	5 248,18	5 255,56	5 262,93	5 270,31	5 277,68	5 285,06	5 292,44	5 299,81	5 307,19	5 314,57
720	5 321,94	5 329,32	5 336,70	5 344,07	5 351,45	5 358,83	5 366,20	5 373,58	5 380,96	5 388,33
730	5 395,71	5 403,09	5 410,46	5 417,84	5 425,21	5 432,59	5 439,97	5 447,34	5 454,72	5 462,10
740	5 469,47	5 476,85	5 484,23	5 491,60	5 498,98	5 506,36	5 513,73	5 521,11	5 528,49	5 535,86
750	5 543,24	5 550,62	5 557,99	5 565,37	5 572,74	5 580,12	5 587,50	5 594,87	5 602,25	5 609,63
760	5 617,00	5 624,38	5 631,76	5 639,13	5 646,51	5 653,89	5 661,26	5 668,64	5 676,02	5 683,39
770	5 690,77	5 698,15	5 705,52	5 712,90	5 720,27	5 727,65	5 735,03	5 742,40	5 749,78	5 757,16
780	5 764,33	5 771,71	5 779,09	5 786,46	5 793,84	5 801,22	5 808,59	5 815,97	5 823,35	5 830,72
790	5 838,30	5 845,68	5 853,05	5 860,43	5 867,80	5 875,18	5 882,56	5 889,93	5 897,31	5 904,69
800	5 912,06	5 919,44	5 926,82	5 934,19	5 941,57	5 948,95	5 956,32	5 963,70	5 971,08	5 978,45
810	5 985,93	5 993,31	6 000,68	6 007,96	6 015,33	6 022,71	6 030,09	6 037,46	6 044,84	6 052,22
820	6 059,59	6 066,97	6 074,35	6 081,72	6 089,10	6 096,48	6 103,85	6 111,23	6 118,61	6 125,98
830	6 133,36	6 140,74	6 148,11	6 155,49	6 162,86	6 170,24	6 177,62	6 184,99	6 192,37	6 199,75
840	6 207,12	6 214,50	6 221,88	6 229,25	6 236,63	6 244,01	6 251,38	6 258,76	6 266,14	6 273,51
850	6 280,89	6 288,27								



PRINCIPAL

Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Tel: 292-6106 698-0620

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

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



Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 578 - 2020

Página : 1 de 2

Expediente : 195-2928
Fecha de emisión : 2020-12-22

1. Solicitante : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
Dirección : AV. TUPAC AMARU NRO. 210 - RIMAC - LIMA

Punto de Precisión S.A.C. utiliza en sus verificaciones y calibraciones patrones 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.

2. Instrumento de Medición : BAÑO MARIA

Alcance de Medición : NO INDICA
Resolución : 0,1 °C

Marca : NO INDICA
Modelo : NO INDICA
Serie : NO INDICA
Procedencia : NO INDICA
Código de Identificación : BM-1

Marca de Indicador : AUTONICS
Modelo de Indicador : TZN4S
Serie de Indicador : NO INDICA
Temperatura Calibrada : 60 °C

3. Lugar y fecha de Calibración
LABORATORIO N° 2 MECANICA DE SUELOS PK - UNI
21 - DICIEMBRE - 2020

4. Método de Calibración
Por Comparación con patrones Certificados.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMOMETRO DIGITAL	APPLENT	150-CT-T-2020	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

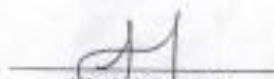
	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	22,8	22,8
Humedad %	65	65

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. CP N° 152931

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 - Telf. 202-5106 696-9620

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



Punto de Precisión SAC

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 578 - 2020

Página : 2 de 2

Resultados


1	2	3
4	5	6

ZONA	TEMPERATURA BAÑO MARÍA (°C)	TEMPERATURA PATRÓN (°C)	CORRECCIÓN (°C)
1	60,2	60,08	-0,12
2	60,3	60,33	0,03
3	60,0	60,28	0,28
4	60,3	60,45	0,15
5	60,4	60,27	-0,13
6	60,0	60,18	0,18

LA TEMPERATURA CONVENCIONAL VERDADERA (TCV) RESULTA DE LA RELACIÓN
 $TCV = \text{INDICACIÓN DEL BAÑO} + \text{CORRECCIÓN}$

FIN DEL DOCUMENTO




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

Anexo 11: Certificados de resultados de ensayo de laboratorio



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA N° 019472

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 289-1-1

SOLICITANTE : LÓPEZ POLO DANNY ANTHONY / ARIAS BAUTISTA ÁNGEL JAVIER
 PROYECTO : ADICIÓN DE ESCORIA SIDERÚRGICA COMO AGREGADO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS
 EN CALIENTE PARA PAVIMENTO FLEXIBLES, AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA 2020
 UBICACIÓN : AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA
 FECHA : 09 DE JULIO 2021

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Agregado Grueso
 Muestra 2 : Escoria de Acero (0%)
 Muestra 3 : Agregado Fino
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

% PORCENTAJE DE ESCORIA		0%		
N° BRIQUETA		1	2	3
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	5.4	5.4	5.4
2	% PIEDRA EN PESO DE LA MEZCLA	45.4	45.4	45.4
3	% ESCORIA EN PESO DE LA MEZCLA	0.0	0.0	0.0
4	% ARENA EN PESO DE LA MEZCLA	49.2	49.2	49.2
5	PESO ESPECIFICO DEL C.A. APARENTE	1.010	1.010	1.010
6	PESO ESPECIFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	2.760	2.760	2.760
7	PESO ESPECIFICO DE ESCORIA -BULK	3.240	3.240	3.240
8	PESO ESPECIFICO DE ARENA - BULK	2.670	2.670	2.670
9	PESO DE LA BRIQUETA EN AIRE (g.)	1194	1194.4	1195.3
10	PESO DE LA BRIQUETA SSS EN AIRE (g.)	1197.2	1199.0	1198.0
11	PESO DE LA BRIQUETA SSS EN AGUA (g.)	695.1	691.2	694.4
12	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g.)	502.1	507.8	503.6
13	PESO ESPECIFICO BULK DE LA BRIQUETA (gr/cm ³)	2.378	2.352	2.374
14	PESO ESPECIFICO BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (gr/cm ³)	2.368		
15	PESO ESPECIFICO MÁXIMO - ASTM D2041 (RICE)	2.488	2.488	2.488
16	% VACIOS (VMT)	4.4	5.5	4.6
17	% VACIOS (VMT) PROMEDIO	4.82		
18	PESO ESPECIFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	2.712	2.712	2.712
19	V. M. A. (%)	17.1	18.0	17.2
20	V.M.A. PROMEDIO	17.4		
21	& DE VACIOS LLENADOS CON C.A. (VFA)	74.1	69.6	73.4
22	& DE VACIOS LLENADOS CON C.A. PROMEDIO (VFA)	72.4		
23	PESO ESPECIFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.763	2.763	2.763
24	ASFALTO ABSORVIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0.68	0.68	0.68
25	% ASFALTO EFECTIVO	4.46	4.46	4.46
26	FLUJO (mm.)	4.00	3.50	3.25
27	FLUJO PROMEDIO (mm.)	3.58		
28	ESTABILIDAD (lectura dial de carga)	441	450	447
29	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg.)	1474	1504	1494
30	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04
31	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg.)	1533	1565	1554
32	ESTABILIDAD CORREGIDA PROMEDIO (Kg.)	1551		

Nota.

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente
 Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente

Ejecutado por : Téc. R. Puthuri P
 Aprobado por : Ing. D. Basurto R



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
 Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
 Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
 Technology
 Accreditation
 Commission

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
 Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019
 www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA N° 019471

Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 289-1-2

SOLICITANTE : LÓPEZ POLO DANNY ANTHONY / ARIAS BAUTISTA ÁNGEL JAVIER
PROYECTO : ADICIÓN DE ESCORIA SIDERÚRGICA COMO AGREGADO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS
EN CALIENTE PARA PAVIMENTO FLEXIBLES, AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA 2020
UBICACIÓN : AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA
FECHA : 09 DE JULIO 2021

REPORTE DE ENSAYOS EN MEZCLA ASFÁLTICA

Muestra 1 : Agregado Grueso
Muestra 2 : Escoria de Acero (0%)
Muestra 3 : Agregado Fino
Cemento Asfáltico : PEN 60/70

MAXIMA GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLAS ASFALTICAS RICE - REFERENCIA ASTM D2041
Procedimiento interno AT-PR. 18

MUESTRA	Prueba N°1
Masa matrás (gr.)	3000.0
Masa matrás + Mezcla Asfáltica (aire) (gr.)	4503.0
Masa matrás + Mezcla Asfáltica + agua (gr.)	8323.0
Masa de Mezcla Asfáltica (gr.)	1503.0
Volumen de mezcla Asfáltica (cm3)	595.0
Masa Matrás con agua a 25°C (Calibración) (gr.)	7415.0
Peso específico Máximo de Mezcla Asfáltica (gr/cm3)	2.488

Nota:
Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.
Las muestras fueron proporcionadas por el cliente.

Ejecución : Téc. R. Puchuri P.
Aprobación : Ing. D. Basurto R.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Carrera de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission



Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° 521 - 201-1-3

SOLICITANTE : LOPEZ POLO DANNY ANTHONY / ARIAS BAUTISTA ANGEL JAVIER
 PROYECTO : ADICIÓN DE ESCORIA SIDERÚRGICA COMO AGREGADO EN MEZCLAS ASPÁLTICAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTO FLEXIBLES, AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA 2000
 UBICACIÓN : AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA
 FECHA : 09 DE JULIO 2021

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Agregado Grueso
 Muestra 2 : Escoria de Acero (SA)
 Muestra 3 : Agregado Fino
 Cemento Análisis : PEN 407E

GRANULOMETRÍA PARA ELABORACIÓN DE BRQUETAS

PIEDRA : 48.0 %
 ESCORIA DE ACERO : 0.0 %
 ARECA : 52.0 %

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Tamiz	Abertura (mm)	(% Pasado)	(% Retenido)	
			Retenido	Peso
2"	75.000			
2"	50.000			
1 1/2"	37.500			
1"	25.000			100.0
3/4"	18.000	13.0	13.0	96.4
1/2"	12.000	16.7	33.3	98.7
3/8"	8.500	5.8	36.3	93.6
N°4	4.750	15.0	46.8	53.2
N°10	2.000	11.0	54.6	47.4
N°40	0.425	22.2	83.8	19.3
N°60	0.250	26.8	89.4	13.6
N°200	0.075	4.7	94.1	5.8
FONDO		5.9		

% Grava	40.7
% Arena	38.8
% Fina	20.4

MAC-1	
TAMIZ	% QUE PASA
1"	100
3/4"	80 - 100
1/2"	67 - 88
3/8"	58 - 77
N°4	40 - 64
N°10	29 - 45
N°40	14 - 25
N°60	8 - 17
N°200	4 - 8



Nota:
 Los resultados de los ensayos corresponden a los datos obtenidos en el laboratorio.
 Los datos del laboratorio, siempre proceden de los datos obtenidos en el laboratorio.

Elaborado por : Ing. A. Pacheco P.
 Revisado por : Ing. G. Soto R.



Msc. Ing. LUISA E. SHERAN LUCAS
 Jefa (a) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
 Facultad de Ingeniería Civil - UNI



Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 289-2-1

SOLICITANTE : LÓPEZ POLO DANNY ANTHONY / ARIAS BAUTISTA ÁNGEL JAVIER
 PROYECTO : ADICIÓN DE ESCORIA SIDERÚRGICA COMO AGREGADO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS
 EN CALIENTE PARA PAVIMENTO FLEXIBLES, AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA 2020
 UBICACIÓN : AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA
 FECHA : 09 DE JULIO 2021

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Agregado Grueso
 Muestra 2 : Escoria de Acero (3%)
 Muestra 3 : Agregado Fino
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

N° BRIQUETA	% PORCENTAJE DE ESCORIA		
	1	2	3
1	5.4	5.4	5.4
2	44.1	44.1	44.1
3	1.3	1.3	1.3
4	49.2	49.2	49.2
5	1.010	1.010	1.010
6	2.760	2.760	2.760
7	3.240	3.240	3.240
8	2.670	2.670	2.670
9	1193.8	1192.8	1196.0
10	1196.0	1195.9	1196.4
11	691.4	691.6	692.1
12	504.6	504.3	500.3
13	2.365	2.365	2.360
14	2.364		
15	2.638	2.638	2.638
16	6.7	6.7	6.9
17	6.74		
18	2.718	2.718	2.718
19	17.7	17.7	17.8
20	17.7		
21	62.2	62.2	61.5
22	62.6		
23	2.774	2.774	2.774
24	0.75	0.75	0.75
25	4.40	4.40	4.40
26	3.76	3.26	3.60
27	3.66		
28	429	420	446
29	1435	1405	1488
30	1.04	1.04	1.04
31	1492	1461	1548
32	1600		

Nota

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.
 Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el

Ejecutado por : N.C. R. Pacheco P.
 Aprobado por : Ing. D. Acosta A.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
 Jefa (a) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
 Facultad de Ingeniería Civil - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA N° 019468

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 289-2-2

SOLICITANTE : LÓPEZ POLO DANNY ANTHONY / ARIAS BAUTISTA ÁNGEL JAVIER
 PROYECTO : ADICIÓN DE ESCORIA SIDERÚRGICA COMO AGREGADO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS
 EN CALIENTE PARA PAVIMENTO FLEXIBLES, AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA 2020
 UBICACIÓN : AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA
 FECHA : 08 DE JULIO 2021

REPORTE DE ENSAYOS EN MEZCLA ASFÁLTICA

Muestra 1 : Agregado Grueso
 Muestra 2 : Escoria de Acero (3%)
 Muestra 3 : Agregado Fino
 Cemento Asfáltico : PEN 65/70

MAXIMA GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS RICE - REFERENCIA ASTM D2041

Procedimiento interno AT-PR.18

MUESTRA	Prueba N°1
Masa matríz (gr.)	3000.0
Masa matríz + Mezcla Asfáltica (aire) (gr.)	4503.0
Masa matríz + Mezcla Asfáltica + agua (gr.)	8325.0
Masa de Mezcla Asfáltica (gr.)	1503.0
Volumen de mezcla Asfáltica (cm ³)	593.0
Masa Matríz con agua a 25°C (Calibración) (gr.)	7415.0
Peso específico Máximo de Mezcla Asfáltica (g/cm ³)	2.535

Nota:

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.

Las revisiones fueron proporcionadas por el cliente.

Ejecución : Téo. R. Puchon R.

Aprobación : Ing. D. Augusto R.



Msc. Ing. LUISA E. SHERAN LUCAS
 Jefa del Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
 Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
 Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 481-1070 Anexo 4019
 www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms_fic@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Centro de Ingeniería Civil Acreditado por



Engineering
 Technology
 Accreditation
 Commission



Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 201-2-3

SOLICITANTE : LÓPEZ POLO DANNY ANTHONY / ARIAS BASTISTA ANGEL JAVIER
 PROYECTO : ADICIÓN DE ESCORIA SIDERÚRGICA COMO ADREGADO EN MEZCLAS ASPÁLTICAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTO FLEXIBLES. AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA 2000
 UBICACION : KM. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA
 FECHA : 09 DE JULIO 2021

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Agregado Grueso
 Muestra 2 : Escoria de Acero (3%)
 Muestra 3 : Agregado Fino
 Cemento Portland : PCN 6000

GRANULOMETRÍA PARA ELABORACIÓN DE BRIQUETAS

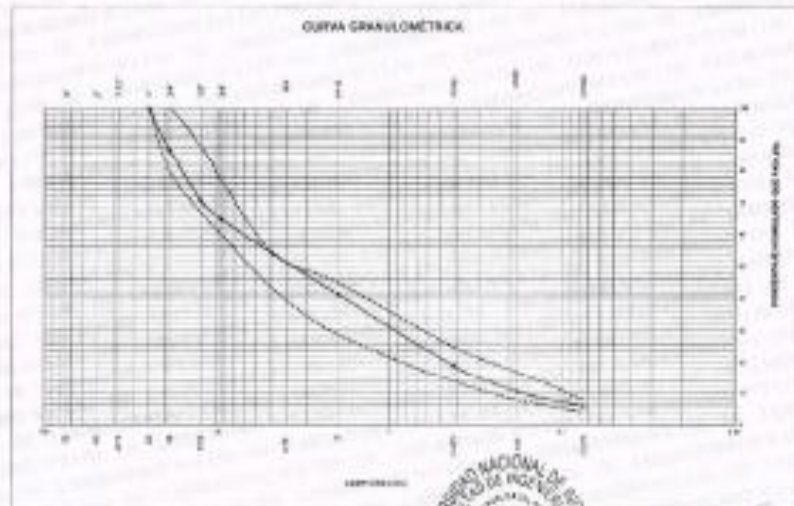
PIEDRA : 40.0 %
 ESCORIA DE ACERO : 1.4 %
 ARENA : 58.6 %

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Tamiz	Abertura (mm)	(% Partes Retenido)	(% Acumulado)	
			Retenido	Pasa
75"	75.000			
80"	80.000			
1.18"	37.500			
4"	25.000			100.0
30"	19.000	13.2	13.2	86.8
10"	11.500	16.2	29.4	70.6
30"	5.500	5.0	35.2	64.8
Nº4	4.750	10.9	46.6	53.4
Nº10	2.000	13.3	59.9	41.4
Nº20	0.850	23.2	80.8	19.2
Nº40	0.425	35.0	89.4	10.6
Nº100	0.150	47.7	94.1	5.9
POUNDO		5.0		

% Grava	42.2
% Arena	38.5
% Finos	20.3

MSE-1	
TAMIZ	% QUE PASA
1"	100
3/4"	80 - 100
1 1/2"	67 - 88
3/8"	59 - 77
Nº 4	45 - 64
Nº 10	35 - 45
Nº 20	24 - 34
Nº 40	14 - 24
Nº 60	8 - 17
Nº 100	4 - 8



Nota:
 Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra y a los procedimientos utilizados.
 Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación de los materiales son de su responsabilidad.

Elaborado por : Tte. M. Acuña P.
 Aprobado por : Ing. D. Becerra R.



Msc. ING. LUISA E. SHUAN LUCAS
 Jefa (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
 Facultad de Ingeniería Civil - UNI





Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 289-3-1

SOLICITANTE : LÓPEZ POLO DANNY ANTHONY / ARIAS BAUTISTA ÁNGEL JAVIER
 PROYECTO : ADICIÓN DE ESCORIA SIDERÚRGICA COMO AGREGADO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS
 EN CALIENTE PARA PAVIMENTO FLEXIBLES, AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA 2020
 UBICACIÓN : AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA
 FECHA : 09 DE JULIO 2021

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Agregado Grueso
 Muestra 2 : Escoria de Acero (8%)
 Muestra 3 : Agregado Fino
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

N°	% PORCENTAJE DE ESCORIA	6%		
		1	2	3
1	% C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	5.4	5.4	5.4
2	% PIEDRA EN PESO DE LA MEZCLA	42.7	42.7	42.7
3	% ESCORIA EN PESO DE LA MEZCLA	2.7	2.7	2.7
4	% ARENA EN PESO DE LA MEZCLA	49.2	49.2	49.2
5	PESO ESPECÍFICO DEL C.A. APARENTE	1.010	1.010	1.010
6	PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	2.760	2.760	2.760
7	PESO ESPECÍFICO DE ESCORIA - BULK	3.240	3.240	3.240
8	PESO ESPECÍFICO DE ARENA - BULK	2.670	2.670	2.670
9	PESO DE LA BRIQUETA EN AIRE (g.)	1183.7	1192.6	1199.5
10	PESO DE LA BRIQUETA SSS EN AIRE (g.)	1197.1	1196.2	1200.9
11	PESO DE LA BRIQUETA SSS EN AGUA (g.)	696.9	694.1	694.5
12	VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g.)	500.2	501.1	505.4
13	PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.389	2.380	2.389
14	PESO ESPECÍFICO BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.378		
15	PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D2041 (RICE)	2.543	2.543	2.543
16	% VACIOS (VMT)	6.2	6.4	6.9
17	% VACIOS (VMT) PROMEDIO	6.48		
18	PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	2.718	2.718	2.718
19	V. M. A. (%)	16.9	17.2	17.5
20	V.M.A. PROMEDIO	17.2		
21	% DE VACIOS LLENADOS CON C.A. (VFA)	63.6	62.6	60.9
22	% DE VACIOS LLENADOS CON C.A. PROMEDIO (VFA)	62.4		
23	PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.784	2.784	2.784
24	ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	0.89	0.89	0.89
25	% ASFALTO EFECTIVO	4.27	4.27	4.27
26	FLUJO (mm.)	3.75	3.60	3.50
27	FLUJO PROMEDIO (mm.)	3.58		
28	ESTABILIDAD (lectura dial de carga)	470	475	482
29	ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg.)	1571	1586	1611
30	FACTOR DE ESTABILIDAD	1.04	1.04	1.04
31	ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg.)	1634	1652	1676
32	ESTABILIDAD CORREGIDA PROMEDIO (Kg.)	1664		

Nota

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.
 Los datos del ensayo, proceso, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Elaborado por: Ing. D. Sauro R.
 Aprobado por: Ing. D. Sauro R.



Msc. Ing. LUISA E. BRUANTICAS
 Jefa del Laboratorio N°2 Mecánica de Suelos
 Facultad de Ingeniería Civil - UNI



Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 289-3-2

SOLICITANTE : LÓPEZ POLO DANNY ANTHONY / ARIAS BAUTISTA ÁNGEL JAVIER
PROYECTO : ADICIÓN DE ESCORIA SIDERÚRGICA COMO AGREGADO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTO FLEXIBLES, AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA 2020
UBICACIÓN : AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA
FECHA : 09 DE JULIO 2021

REPORTE DE ENSAYOS EN MEZCLA ASFÁLTICA

Muestra 1 : Agregado Grueso
Muestra 2 : Escoria de Acero (8%)
Muestra 3 : Agregado Fino
Cemento Asfáltico : PEN 60/70

MAXIMA GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLAS ASFALTICAS RICE - REFERENCIA ASTM D2041

Procedimiento interno AT-PR 18

MUESTRA	Prueba N°1
Masa matríz (gr.)	3000.0
Masa matríz + Mezcla Asfáltica (aire) (gr.)	4503.0
Masa matríz + Mezcla Asfáltica + agua (gr.)	8327.0
Masa de Mezcla Asfáltica (gr.)	1503.0
Volumen de mezcla Asfáltica (cm ³)	591.0
Masa Matríz con agua a 25°C (Calibración) (gr.)	7415.0
Peso específico Máximo de Mezcla Asfáltica (gr/cm³)	2.543

Nota:

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.
Las muestras fueron proporcionadas por el cliente.

Ejecución : Téc. R. Pachan P.

Aprobación : Ing. D. Barreto R.




MSc. Mg. Ursa E. SHUANÉLICAS
Jefa (a) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
Facultad de Ingeniería Civil - UNI



Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° 521 - 200-3-3

SOLICITANTE: LOPEZ POLO DANNY ANTHONY / ARAS NAUTISTA ANDRÉS JAVIER
PROYECTO: ADICIÓN DE ESCORIA SIDERÚRGICA COMO AGREGADO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTO FLEXIBLES, AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA 2020
UBICACIÓN: AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA
FECHA: 09 DE JULIO 2021

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Agregado Gruesa
Muestra 2 : Escoria de Acero (EN)
Muestra 3 : Agregado Fino
Cemento AMBIO : PEN 8010

GRANULOMETRÍA PARA ELABORACION DE BRQUETAS

PIEDRA : 45.1 %
ESCORIA DE ACERO : 2.9 %
ARENA : 49.4 %

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAREZADO

Tamaño	Abertura (mm)	(%) Pasa	(%) Acumulado	
			Retenido	Pasa
75"	75.000			
75"	75.000			
1.18"	30.000			
1"	25.000			100.0
3/4"	18.000	12.9	12.9	87.2
1/2"	12.000	15.7	28.6	71.9
3/8"	9.000	5.7	34.2	65.9
Nº4	4.750	11.2	45.4	54.6
Nº10	2.000	19.2	58.6	41.4
Nº40	0.425	22.2	80.8	19.2
Nº60	0.250	8.6	89.4	10.6
Nº200	0.075	4.3	94.1	5.9
FONDO		9.8		

% Grava	38.7
% Arena	45.1
% Finos	20.2

MAC-1	
TAMIZ	% QUE PASA
1"	100
3/4"	89 - 100
1/2"	87 - 98
3/8"	85 - 117
Nº4	82 - 94
Nº10	78 - 85
Nº40	14 - 28
Nº60	8 - 17
Nº200	4 - 8



Nota:
Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra que se indica en el presente informe.
Los datos del certificado original corresponden a la muestra que se indica en el presente informe.
Elaborado por: Sr. A. Pacheco P.
Aprobado por: Ing. D. Aranda R.



Msc. Ing. UJSA E. SHUAN UJICAS
Jefe (a) Laboratorio N°2 Mecánica de Suelos
Facultad de Ingeniería Civil - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA N° 019463

Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 289-4-1

SOLICITANTE : LÓPEZ POLO DANNY ANTHONY / ARIAS BAUTISTA ÁNGEL JAVIER
PROYECTO : ADICIÓN DE ESCORIA SIDERÚRGICA COMO AGREGADO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS
EN CALIENTE PARA PAVIMENTO FLEXIBLES, AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA 2020
UBICACIÓN : AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA
FECHA : 09 DE JULIO 2021

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Agregado Grueso
Muestra 2 : Escoria de Acero (9%)
Muestra 3 : Agregado Fino
Cemento Asfáltico : PEN 6070

N° BRQUETA	% PORCENTAJE DE ESCORIA		
	1	2	3
1	5.4	5.4	5.4
2	41.3	41.3	41.3
3	4.1	4.1	4.1
4	49.2	49.2	49.2
5	1.010	1.010	1.010
6	2.760	2.760	2.760
7	3.240	3.240	3.240
8	2.670	2.670	2.670
9	1193.5	1193.9	1194.7
10	1195.2	1196.1	1196.6
11	699.0	699.2	701.0
12	496.2	497.9	495.6
13	2.405	2.398	2.411
14	2.405		
15	2.656	2.666	2.666
16	5.0	6.2	5.7
17	5.93		
18	2.718	2.718	2.718
19	16.3	16.5	16.1
20	16.3		
21	63.7	62.5	64.6
22	63.6		
23	2.601	2.601	2.601
24	1.10	1.10	1.10
25	4.06	4.06	4.06
26	4.00	3.75	4.00
27	3.92		
28	640	439	486
29	1605	1468	1625
30	1.04	1.04	1.04
31	1677	1527	1620
32	1698		

Nota:

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente
Con datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el

Ejecutado por: Tlc. R. Pachuri P.
Aprobado por: Ing. G. Álvarez R.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefe (e) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 1301 - Perú
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 461-1070 Anexo 4019
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms_fc@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Centro de Ingeniería Civil Acreditado por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA N° 019461

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 289-4-2

SOLICITANTE : LÓPEZ POLO DANNY ANTHONY / ARIAS BAUTISTA ÁNGEL JAVIER
PROYECTO : ADICIÓN DE ESCORIA SIDERÚRGICA COMO AGREGADO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS
EN CALIENTE PARA PAVIMENTO FLEXIBLES, AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA 2020
UBICACIÓN : AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA
FECHA : 08 DE JULIO 2021

REPORTE DE ENSAYOS EN MEZCLA ASFÁLTICA

Muestra 1 : Agregado Grueso
Muestra 2 : Escoria de Acero (B%)
Muestra 3 : Agregado Fino
Cemento Asfáltico : PEN 60/70

MAXIMA GRAVEDAD ESPECÍFICA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS RICE - REFERENCIA ASTM D2041

Procedimiento interno AT-PR.18

MUESTRA	Prueba N°1
Masa matríz (gr.)	3000.0
Masa matríz + Mezcla Asfáltica (aire) (gr.)	4503.0
Masa matríz + Mezcla Asfáltica + agua (gr.)	8330.0
Masa de Mezcla Asfáltica (gr.)	1503.0
Volumen de mezcla Asfáltica (cm3)	588.0
Masa Matríz con agua a 25°C (Calibración) (gr.)	7415.0
Peso específico Máximo de Mezcla Asfáltica (gr/cm3)	2.556

Nota:

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.

Las muestras fueron proporcionadas por el cliente.

Ejecución: Téc. R. Puchun R.

Aprobación: Ing. D. Baruro R.



MSc. ING. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (a) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
Facultad de Ingeniería Civil - UNI



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA N° 019460

Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 289-4-3

SOLICITANTE : LÓPEZ POLO DANNY ANTHONY / ARIAS BASTISTA ANGEL JAVIER
PROYECTO : ADICIÓN DE ESCORIA SIDERÚRGICA COMO AGREGADO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTO FLEXIBLES. AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA 2020
UBICACION : AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA
FECHA : 05 DE JULIO 2021

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Agregado Grueso
Muestra 2 : Escoria de Acero (2%)
Muestra 3 : Agregado Fino
Cemento ASTM C : PCEM 6070

GRANULOMETRÍA PARA ELABORACIÓN DE BQUEJITAS

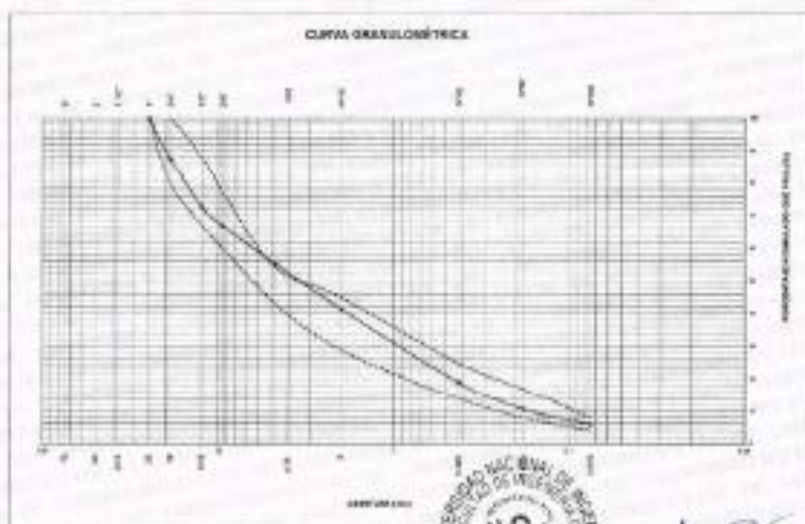
PIEDRA : 43.7 %
ESCORIA DE ACERO : 4.3 %
FINES : 52.0 %

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Tamiz	Abertura (mm)	[%) Pasado Retenido	[%) Acumulado	
			Retenido	Pase
3"	75.000			
2"	50.000			
1 1/2"	37.500			
1"	25.000		100.0	
3/4"	19.000	13.4	13.4	86.6
1/2"	12.500	18.2	27.8	72.2
3/8"	9.500	21.7	33.3	68.3
3/16"	4.750	71.6	48.2	51.8
N°10	2.000	18.8	56.5	41.4
N°40	0.425	22.8	80.8	19.2
N°60	0.250	6.6	89.4	10.6
N°100	0.150	4.7	94.1	5.9
FONDO		5.9		

% Grava	33.1
% Arena	43.7
% Fines	20.1

MAG-1	
TAMIZ	% QUE PASA
1"	100
3/4"	86 - 100
1/2"	67 - 86
3/8"	68 - 77
N°4	43 - 64
N°10	20 - 48
N°40	14 - 25
N°60	8 - 17
N°100	4 - 8



Nota:
Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra y a la metodología utilizada.
Los datos del material, proceso, procedimiento e información adicional para el cliente.

Elaborado por : Tsc. R. Pacheco R.
Aprobado por : Ing. J. Becerra R.



Msc. Ing. LUISA E. SHUANLUCAS
[en] Laboratorio N°2 Mecánica de Suelos
Facultad de Ingeniería Civil - UNI

Av. Túpac Amaru 210, Lima 25, Apartado 17443
Teléfono: (511) 381-3842, Central Telefónica: 461-1070 Anexo 4019
www.lms.uni.edu.pe, e-mail: lms_fo@uni.edu.pe, lms.servicios@uni.edu.pe

Carerra de Ingeniería Civil Acreditada por



Engineering
Technology
Accreditation
Commission



Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 289-5-1

SOLICITANTE: LÓPEZ POLO GANNY ANTHONY / ARIAS BAUTISTA ANGEL JAVIER
PROYECTO: ADICIÓN DE ESCORIA SIDERURGICA COMO AGREGADO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS EN CALIENTE PARA PAVIMENTO FLEXIBLES. AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA 2020
UBICACIÓN: AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA
FECHA: 06 DE JULIO 2021

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Agregado Grueso
 Muestra 2 : Escoria de Acero (12%)
 Muestra 3 : Agregado Fino
 Cemento Asfáltico : PEN 60/70

	% PORCENTAJE DE ESCORIA		
	12%		
N° BRIQUETA	1	2	3
1 % C.A. EN PESO DE LA MEZCLA	5.4	5.4	5.4
2 % PIEDRA EN PESO DE LA MEZCLA	39.9	39.9	39.9
3 % ESCORIA EN PESO DE LA MEZCLA	5.6	5.5	5.5
4 % ARENA EN PESO DE LA MEZCLA	49.2	49.2	49.2
5 PESO ESPECÍFICO DEL C.A. APARENTE	1.010	1.010	1.010
6 PESO ESPECÍFICO DEL AGREGADO GRUESO - BULK	2.760	2.760	2.760
7 PESO ESPECÍFICO DE ESCORIA - BULK	3.240	3.240	3.240
8 ALTURA PROMEDIO DE LA BRIQUETA (cm)	6.06	6.06	6.06
9 PESO DE LA BRIQUETA EN AIRE (g.)	1192.6	1195.2	1198.9
10 PESO DE LA BRIQUETA SSS EN AIRE (g.)	1194.7	1197.2	1199.1
11 PESO DE LA BRIQUETA SSS EN AGUA (g.)	701.2	701.8	702.4
12 VOLUMEN DE LA BRIQUETA (g.)	493.5	495.4	495.7
13 PESO ESPECÍFICO BULK DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.417	2.413	2.414
14 PESO ESPECÍFICO BULK PROMEDIO DE LA BRIQUETA (g/cm ³)	2.414		
15 PESO ESPECÍFICO MÁXIMO - ASTM D2041 (RICE)	2.665	2.665	2.665
16 % VACÍOS (VMT)	5.8	5.9	5.9
17 % VACÍOS (VMT) PROMEDIO	5.87		
18 PESO ESPECÍFICO APARENTE DEL AGREGADO TOTAL	2.718	2.718	2.718
19 V.M.A. (%)	15.9	16.0	16.0
20 V.M.A. PROMEDIO	16.0		
21 % DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. (VFA)	63.0	62.9	63.1
22 % DE VACÍOS LLENADOS CON C.A. PROMEDIO (VFA)	63.2		
23 PESO ESPECÍFICO EFECTIVO DEL AGREGADO TOTAL	2.812	2.812	2.812
24 ASFALTO ABSORBIDO POR EL AGREGADO TOTAL	1.29	1.25	1.29
25 % ASFALTO EFECTIVO	3.93	3.93	3.93
26 FLUJO (mm.)	4.50	4.75	4.28
27 FLUJO PROMEDIO (mm.)	4.50		
28 ESTABILIDAD (lectura dial de carga)	481	492	478
29 ESTABILIDAD SIN CORREGIR (Kg.)	1020	1045	1050
30 FACTOR DE ESTABILIDAD	1.09	1.04	1.04
31 ESTABILIDAD CORREGIDA (Kg.)	1753	1711	1652
32 ESTABILIDAD CORREGIDA PROMEDIO (Kg.)	1709		

Nota:

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente. Los datos del solicitante, proyecto, procedencia e identificación fueron indicados por el cliente.

Elaborado por: Ing. R. Pacheco
 Aprobado por: Ing. D. Arias R.



Msc. Ing. LUISA E. SHUAN LUCAS
 Jefe (a) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
 Facultad de Ingeniería Civil - UNI





UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA N° 019457

Facultad de Ingeniería Civil

Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° S21 - 289-5-2

SOLICITANTE : LÓPEZ POLO DANNY ANTHONY / ARIAS BAUTISTA ÁNGEL JAVIER
PROYECTO : ADICIÓN DE ESCORIA SIDERÚRGICA COMO AGREGADO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS
EN CALIENTE PARA PAVIMENTO FLEXIBLES, AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA 2020
UBICACIÓN : AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA
FECHA : 09 DE JULIO 2021

REPORTE DE ENSAYOS EN MEZCLA ASFÁLTICA

Muestra 1 : Agregado Grueso
Muestra 2 : Escoria de Acero (12%)
Muestra 3 : Agregado Fino
Cemento Asfáltico : PEN 60/70

MAXIMA GRAVEDAD ESPECIFICA DE MEZCLAS ASFÁLTICAS RICE - REFERENCIA ASTM D2041

Procedimiento Interno AT-PR.1B

MUESTRA	Prueba N°1
Masa matríz (gr.)	3000.0
Masa matríz + Mezcla Asfáltica (aire) (gr.)	4503.0
Masa matríz + Mezcla Asfáltica + agua (gr.)	8332.0
Masa de Mezcla Asfáltica (gr.)	1503.0
Volumen de mezcla Asfáltica (cm ³)	588.0
Masa Matríz con agua a 25°C (Calibración) (gr.)	7415.0
Peso específico Máximo de Mezcla Asfáltica (gr/cm³)	2.568

Nota:

Los resultados de los ensayos corresponden a la muestra proporcionada por el cliente.
Las muestras fueron proporcionadas por el cliente.

Ejecución : Téc. R. Puskun R.

Aprobación : Ing. D. Basuro R.



Msc. ING. LUISA E. SHUAN LUCAS
Jefa (a) Laboratorio N°2-Mecánica de Suelos
Facultad de Ingeniería Civil - UNI



Facultad de Ingeniería Civil
Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos

INFORME N° 821 - 205-5-3

SOLICITANTE : LOPEZ POLO DANNY ANTHONY / ARIAS BAUTISTA ANGEL JAVIER
 PROYECTO : ADICIÓN DE ESCORIA SIDERURGICA COMO AGREGADO EN MEZCLAS ASFÁLTICAS
 EN CALIENTE PARA PAVIMENTO FLEXIBLES, AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA 2025
 UBICACION : AV. PAUCARTAMBO - PUENTE PIEDRA
 FECHA : 08 DE JULIO 2021

REPORTE DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Muestra 1 : Agregado Grueso
 Muestra 2 : Escoria de Acero (12%)
 Muestra 3 : Agregado Fino
 Casavete Asfáltico : PEN 60/70

GRANULOMETRÍA PARA ELABORACION DE BRQUETAS

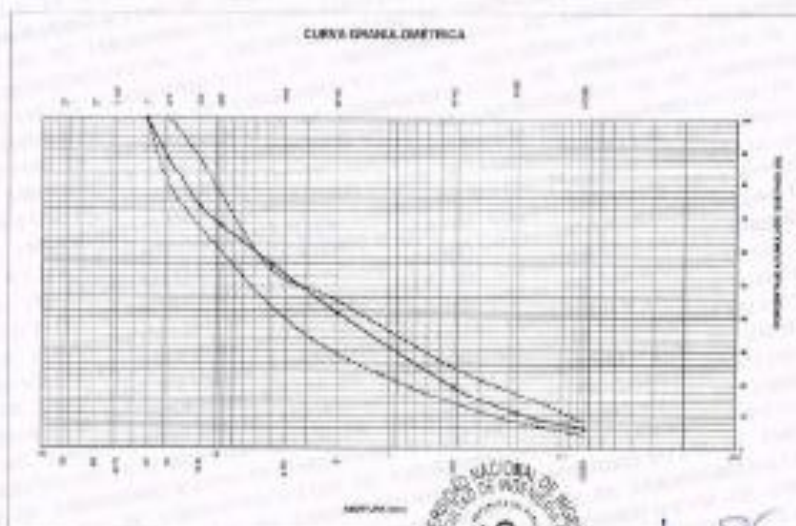
PIEDRA : 42.2 %
 ESCORIA DE ACERO : 5.8 %
 / otros : NCM %

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

Tamiz	Abertura (mm)	% Pasa Retenido	% Acumulada	
			Retenido	Pasa
2"	50.000			
1 1/2"	37.500			
1"	25.000			100.0
3/4"	18.750	12.0	12.0	88.0
1/2"	12.500	14.7	26.9	73.1
3/8"	9.500	5.6	32.3	67.6
Nº4	4.750	12.0	60.0	54.0
Nº10	2.000	14.4	58.0	41.4
Nº20	0.850	22.1	60.8	37.2
Nº40	0.425	26.5	65.4	34.6
Nº60	0.250	4.1	64.1	35.9
FONDO		3.8		

% Grava	33.0
% Arena	67.3
% Fines	20.0

MAG-1	
Tamaño	% OBR PASA
1"	100
3/4"	88 - 100
1/2"	80 - 88
3/8"	80 - 77
Nº 4	60 - 64
Nº 10	45 - 48
Nº 40	14 - 20
Nº 60	5 - 17
Nº 200	4 - 8



Nota:
 Los resultados de los ensayos corresponden a los datos obtenidos por el equipo.
 Los datos del laboratorio, proyecto, calificación y otros datos son de carácter interno.
 Elaborado por: Ing. A. Pacheco P.
 Aprobado por: Ing. J. García P.



Msc. Ing. LUISA E. SMIAN LUCAS
 (e) Laboratorio N°2 - Mecánica de Suelos
 Facultad de Ingeniería Civil - UNI

